



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Efecto de las enmiendas de arcilla con carbonilla ósea para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina, Huánuco – 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Rosario Elisa Perca Guillen (ORCID: 0000-0002-6307-7289)

Stefany Massiel Tirado Quiroz (ORCID: 0000-0002-2689-0414)

**ASESOR:**

Mg. Alcides Garzon Flores (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2019

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios, mis Padres Zenobio Perca, Tomaza Guillen y a mi compañero de vida J. Andrade, por guiar mis pasos brindando su apoyo incondicional, a cada instante encontrando palabras de aliento y la fortaleza para culminar la carrera profesional. ROSARIO.

A mi madre Verónica Quiroz Moncada porque jamás dejó de creer en mí, quien con sus palabras de aliento no me dejó decaer para que siguiera adelante y cumpliera con mis ideales. STEFANY.

## **Agradecimiento**

Al Dr. Rosales Jimmy, quien nos guio y oriento en el desarrollo de nuestra investigación, asimismo con nuestro asesor temático Mg. Alcides Garzón, quien nos brindó su apoyo desde el noveno ciclo.

## **Página del jurado**

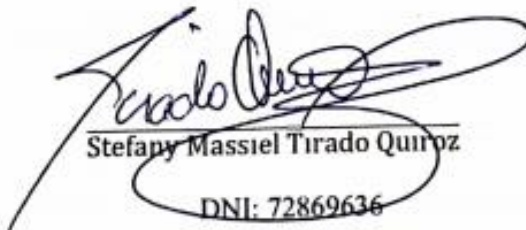
## **Declaratoria de autenticidad**

### **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Stefany Massiel Tirado Quiroz con DNI: 72869636 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grado y Titulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento fundamento de toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica, Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 10 de diciembre del 2019.



Stefany Massiel Tirado Quiroz  
DNI: 72869636

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Rosario Elisa Perca Guillen con DNI: 43721441 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grado y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento fundamento de toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica, Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 10 de diciembre del 2019.



Rosario Elisa Perca Guillen

DNI: 43721441

## Índice

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	xi
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>17</b>
2.1 Tipo y diseño de investigación .....	17
2.2 Operacionalización de variables .....	17
2.3 Población, muestra y muestreo .....	20
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	22
2.5 Procedimiento .....	24
2.6 Métodos de análisis de datos .....	39
2.7 Aspectos éticos .....	40
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>

<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1.</b> Distribución enmiendas a utilizar en suelo contaminado. ....	17
<b>Tabla 2.2.</b> Distribución de parcelas por tratamiento. ....	17
<b>Tabla 2.3.</b> Estructura de la experimentación. ....	18
<b>Tabla 2.4.</b> Distribución enmiendas a utilizar en suelo contaminado .....	19
<b>Tabla 2.5.</b> Coordenadas UTM de la entrada principal del Fundo Cristina – Huánuco..	21
<b>Tabla 2.6.</b> Coordenadas de las muestras obtenidas.....	22
<b>Tabla 2.7.</b> Identificación de instrumentos para recolección de datos. ....	23
<b>Tabla 2.8.</b> Validez de instrumentos por especialistas de la Universidad Cesar Vallejo.	24
<b>Tabla 2.9.</b> Etapas de Análisis en el laboratorio de la Uni -Digestión de suelo. ....	28
<b>Tabla 2.10.</b> Etapas de la preparación de la carbonilla.....	34
<b>Tabla 2.11.</b> Materiales para el sembrado. ....	35
<b>Tabla 2.12.</b> Sembrado de semilla en suelo contaminado con Cadmio de Huánuco. ....	35
<b>Tabla 2.13.</b> Crecimiento de plántula de Lechuga .....	36
<b>Tabla 2.14.</b> Recolección de datos (cm) por semana de Lechuga. ....	38
<b>Tabla 3.1.</b> Media de datos de la primera repetición. ....	45
<b>Tabla 3.2.</b> Media de datos de la primera repetición y la segunda. ....	45
<b>Tabla 3.3.</b> Cuadro de análisis de varianza. ....	47
<b>Tabla 3.4.</b> Cuadro de Tukey.....	48
<b>Tabla 3.5.</b> Analisis de la varianza .....	49
<b>Tabla 3.6.</b> Cuadro de Tukey.....	50

<b>Tabla 3.7.</b> Análisis de varianza .....	51
<b>Tabla 3.8.</b> Cuadro de Tukey.....	51
<b>Tabla 3.9.</b> Resumen de tratamientos .....	52
<b>Tabla 3.10.</b> Análisis de la varianza .....	55
<b>Tabla 3.11.</b> Cuadro de Tukey.....	56
<b>Tabla 3.12.</b> Analisis de la varianza .....	57
<b>Tabla 3.13.</b> Cuadro de Tukey.....	57

## Índice de figuras

Figura 1.1 Interacción entre las reacciones de adsorción del metal en el suelo y biodisponibilidad. ....	11
Figura 1.2. Esquema de los procesos que intervienen en la biodisponibilidad de un contaminante en el suelo.....	12
Figura 2.1. Entrada del Fundo Cristina-Huánuco.....	20
Figura 2.2. Coordenadas de estudio y su ubicación en un mapa .....	21
Figura 2.3. Fases de investigación.....	25
Figura 2.4. Ubicación de la zona de trabajo - “FUNDO CRISTINA”, Departamento de Huánuco.....	26
Figura 2.5. Medida de calicata.....	27
Figura 2.6. Ficha de observación.....	27
Figura 2.7. Medición con multiparámetro .....	27
Figura 2.8. Proceso de Digestión de suelo.....	30
Figura 2.9. Análisis en laboratorio. Digestión.....	31
Figura 2.10. Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) .....	32
Figura 2.11. Mapa geoquímico del Fundo Cristina – Departamento de Huánuco .....	33
Figura 2.12. Aplicación de tratamiento en cada maceta (%).....	37
Figura 2.13. Datos iniciales de sembrado de lechuga.....	38
Figura 3.1. Comparación de tratamiento respecto primera repetición. ....	42
Figura 3.2. Comparación de tratamiento respecto segunda repetición.....	43
Figura 3.3. Comparación de tratamiento respecto tercera repetición. ....	43

Figura 3.4. Pasos para realizar la prueba de hipótesis DCA.....	44
Figura 3.5. Prueba de normalidad.....	46
Figura 3.6. Comparación de tratamiento respecto primera repetición. ....	53
Figura 3.7. Comparación de tratamiento respecto segunda repetición.....	53
Figura 3.8. Comparación de tratamiento respecto tercera repetición. ....	54
Figura 3.9. Prueba de normalidad.....	55
Figura 3.10. pH de la primera repetición .....	58
Figura 3.11. pH de la segunda repetición .....	58
Figura 3.12. pH de la segunda repetición .....	59
Figura 3.13. pH de la primera repetición..... .. .	59
Figura 3.14. pH de la segunda repetición..... .. .	59
Figura 3.15. pH de la segunda repetición .....	59

## RESUMEN

En la presente tesis titulada “Efecto de las enmiendas de arcilla con carbonilla ósea para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del fundo cristina, Huánuco – 2019” tiene como finalidad encontrar el porcentaje de eficiencia en la inmovilización de cadmio al añadir las enmiendas (montmorillonita más carbonilla ósea) en diferentes proporciones (de 10:90 y 10:50 ) a un suelo contaminado por el metal pesado conocido como cadmio en el Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco, lugar tiene como principal fuente de ingreso económica la comercialización de lechuga (*Lactuca sativa*).

El proceso consiste en dejar germinar la semilla de lechuga y al cabo de 10 días trasplantar a una maceta la cual contiene un 1kg de suelo contaminado con cadmio más las enmiendas añadidas (montmorillonita más carbonilla ósea) que se realizaron 3 repeticiones para las dos proporciones de enmienda por un periodo de 45 días (desarrollo de la lechuga). Posterior a ello se realizaron análisis en Laboratorio reconocido. De los resultados se obtuvo que el tratamiento M2 (50:50 de proporción de las enmiendas montmorillonita más carbonilla ósea) en la primera repetición fue el más eficiente ya que tuvo un 34.53% de inmovilización del metal pesado cadmio, en el proceso se analizó los pH y no se encontró alteración significativa lo cual indica que las enmiendas no afectan el óptimo desarrollo de la lechuga.

La metodología, así como el diseño de investigación fue de tipo experimental, teniendo un diseño probabilístico.

Finalmente se recomienda utilizar las enmiendas montmorillonita más carbonilla ósea en proporción de 50:50 para una mayor eficiencia al querer inmovilizar el cadmio en suelos contaminados y además porque es una buena alternativa sustentable con el medio y es económicamente accesible.

**Palabras claves:** Montmorillonita, carbonilla ósea, enmiendas.

## ABSTRACT

In the present thesis entitled "Effect of clay amendments with bone carbon for the immobilization of cadmium in contaminated soils of the fundo cristina, Huánuco - 2019" aims to find the percentage of efficiency in the immobilization of cadmium by adding the amendments (montmorillonite plus bone carbon) in different proportions (of 10:90 and 10:50 ) to a soil contaminated by the heavy metal known as cadmium in the Fundo Cristina in the Department of Huánuco, the main source of economic income is the marketing of lettuce (*Lactuca sativa*).

The process consists of letting the lettuce seed germinate and after 10 days transplant to a pot which contains 1kg of soil contaminated with cadmium plus the added amendments (montmorillonite plus bone charcoal) that were made 3 repetitions for the two proportions of amendment for a period of 45 days (development of lettuce). Subsequent analyses were carried out in a recognized laboratory. From the results it was obtained that the M2 treatment (50:50 of proportion of the amendments montmorillonite plus bone carbon) was the most efficient since it had a 32.37% of immobilization of the heavy metal cadmium, in the process the pH was analyzed and no significant alteration was found which indicates that the amendments do not affect the optimal development of the lettuce.

The methodology, as well as the research design was of experimental type, having a probabilistic design.

Finally, it is recommended to use montmorillonite and bone carbonite amendments in a ratio of 50:50 for greater efficiency when wanting to immobilize cadmium in contaminated soils and also because it is a good alternative sustainable with the environment and is affordable.

**Keywords:** montmorillonite, bone char, amendments.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La determinación de metales pesados en el entorno donde nos desarrollamos es de gran importancia, entre ellos están el plomo, arsénico y cadmio, la acumulación de éstos en el organismo humano causa enfermedades muy graves que pueden ocasionar la muerte, en el caso de arsénico las enfermedades que son: bronquitis, laringe, pulmón además de hepatotoxicidad y enfermedades vasculares. El cadmio ocasiona enfermedades tales como; bronquitis, enfisema, nefrotoxicidad, infertilidad, cáncer de próstata, alteraciones neurológicas, hipertensión y enfermedades vasculares. El plomo ocasiona enfermedades como alteraciones neurológicas (disminución del coeficiente intelectual infantil), nefrotoxicidad, anemia cáncer de riñón, el problema de enfermedades es provocado por metales pesados (por ejemplo cadmio) en el ambiente, metales pesados elevadamente dañinos para el ser vivo .Pero los recientes estudios ,manifestaciones de contaminación tiene un principal tema que es el cadmio (Sabaht & Robles, 2012).

En este caso nos inclinaremos por un metal en específico, que es el cadmio el cual es un tipo de metal pesado perjudicial para las plantas además de ser altamente tóxico, cuya concentración en el suelo se incrementa progresivamente debido a actividades antropogénica, como pueden ser la minería, quema de combustibles fósiles, uso de fertilizantes fosfatados y fabricación de equipos como la batería y plásticos (García, García, & Juárez, 2012).

El metal puede acumularse en los riñones y producir una disfunción tubular renal irreversible. La alta ingesta de cadmio también se asocia con la formación de cálculos renales y problemas con los sistemas esquelético y respiratorio. El cadmio es abundante en la naturaleza y puede liberarse al medio ambiente de diferentes maneras, incluidas las actividades naturales como las actividades volcánicas y actividades antropogénicas como la minería y la fundición de minerales que contienen zinc, la quema de combustibles fósiles y las emisiones de baterías desechadas. Las altas concentraciones de cadmio en el suelo se producen de forma natural o por medio de actividades antropogénicas. La producción natural proviene de la corteza terrestre y del agua del océano (FAO, 2015).

Las exportaciones de productos se han incrementado de manera muy importante con respecto los últimos años en el Perú y la existencia de algunos metales pesados (por ejemplo, cadmio) en los suelos donde se realizan cultivos es problema sumamente relevante para el comercio de este producto (Arévalo, et al., 2016).

La zona de la selva peruana contiene diversidad ecológica falta completar embargo, por la entrada en vigencia de la De acuerdo a lo mencionado, nos vemos en la necesidad de realizar análisis de suelo en la zona corredor Campo Verde – Honoria (Fundo cristina), a partir de estudios y datos geológicos de la Zona, se encuentra que esta zona contiene un alto contenido de metales pesados como el Cd, Pb y Zn. A partir de esta información buscaremos inmovilizar el cadmio por medio de enmiendas de arcillas y carbonilla ósea, aplicadas en el suelo, a través del cultivo de lechuga ya que estos tienen una etapa más rápida de crecimiento y así demostrará la eficiencia de las enmiendas (Cao, Ma, Li, & Yang, 2009).

Respecto a lo redactado, la realidad problemática que origina el cadmio el cual es un metal pesado es que tiene una toxicidad variada en diversos órganos de los seres humanos y está clasificado como un carcinógeno humano por la Agencia Internacional de la Organización Mundial de la Salud para la investigación sobre el cáncer (OMS, 2019). A partir de ello creemos que será necesario el estudio de este metal pesado en la zona de estudio (Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco), para la producción agrícola. Mencionan que, al encontrarse el cadmio de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, puede ser absorbido por las plantas y tomadas de ellas por el ser humano, existe un riesgo potencial para la salud (Prieto, González, Román, & Prieto, 2009).

A nivel Naciones el Perú es un país exportador agrícola, pero los productores del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco (selva) se han visto afectados en sus exportaciones agrícolas, buscando medidas y remediaciones para solucionar las pérdidas que genera que las concentraciones del cadmio del suelo sean absorbidas con la semilla de las plantaciones (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

La trascendencia de esta problemática ambiental es de gran importancia y debe ser atendida por profesionales y buscar alternativas sostenibles para reducir las posibilidades de controlar cadmio en las futuras plantaciones agrícola del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco.

Por los argumentado anteriormente, se describe trabajos previos internaciones y



nacionales, que nos señalan un método y diseño ejemplar para la inmovilización del cadmio en el suelo a partir de la utilización de arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea en el suelo. Al respecto como trabajo previo se recalca a (Beeslay, Moreno, & Gomez, 2010) en su artículo “Efectos de las enmiendas de biochar y compost de residuos verdes sobre la movilidad, biodisponibilidad y toxicidad de los contaminantes inorgánicos y orgánicos en un suelo contaminado con múltiples elementos”, se aplicó biochar y compost de residuos verdes a un suelo contaminado con múltiples elementos después de 60 días de exposición en el campo, tras lo cual se evaluó la fitotoxicidad para saber el éxito de la investigación mediante una simple prueba de bioindicadores de cobre y cadmio que consta en una prueba de emergencia de brotes de una especie que se llevó a cabo directamente en el suelo, utilizando placas por triplicado que fueron llenadas con 30g de suelo después de 60 días de haber sido saturadas y se incubaron por 96 horas en la oscuridad a 28°C y 60% de humedad, finalmente se contaron las plantas emergidas con 1cm de brote y el cálculo final se obtuvo como un porcentaje de las 20 semillas aplicadas; el suelo en un principio era ligeramente ácido, pero al echar las enmiendas se reducía su pH. Los resultados destacan el potencial del biochar para la remediación de tierras contaminadas. El suelo se recolectó de 15 a 30 cm de profundidad y tomando muestras de un área no perturbada por muestras de suelo anteriores. El suelo se secó al aire a 20-25°C durante 2 semanas, se tamizó y se eliminó cualquier resto biológico. El suelo se homogeneizó y se mezcló a mano con compost de residuos verdes y biochar en macetas de PVC de 1000 ml. Cada tratamiento se realizó por triplicado: S: 600 ml de tierra por maceta: S + C: 400 ml de tierra y 200 ml de compost por maceta. S + B: 400 ml de tierra y 200 ml de biochar por maceta. S + C + B: 200 ml de tierra, 200 ml de compost y 200 ml de biochar por maceta. En donde tuvo como resultado que existe un claro potencial tanto para el compost de residuos verdes como para el biochar para disminuir el Cd y el Zn solubles en agua en este suelo, lo que reduce significativamente su efecto fitotóxico. Por lo tanto, tomado en equilibrio, el biochar tiene un mayor potencial para reducir beneficiosamente la biodisponibilidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos que el compost de residuos verdes en este suelo contaminado con múltiples elementos, siendo especialmente eficaz para reducir las concentraciones de Cd y Zn solubles en agua. Su aplicación está dirigida a los suelos contaminados de campo. (Beeslay, Moreno, & Gomez, Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil, 2010).

(Venegas, 2015) en su tesis doctoral “Evaluación de la adición de materiales de origen orgánico para la remediación de suelos contaminados con metales pesados”, tuvo como finalidad la evaluación de la estabilidad de ciertas enmiendas después de haber sido añadidas a los suelos contaminados, además si es que el tiempo y/o la evolución del envejecimiento acelerado realizado en el laboratorio afectaban la validez para su utilización, en ésta tesis se analizaron ocho materiales: un compost derivado de residuos orgánicos, un compost derivado de restos de alimentos, un compost derivado de residuos sólidos urbano, un material de residuos verdes, dos biochars y dos subproductos de la industria del aceite de oliva. Se realizó una caracterización completa de las ocho enmiendas mencionadas, a las muestras de suelo contaminadas y a las mezclas de suelos contaminadas más la enmienda, que incluían el potencial de hidrógeno (pH), la capacidad de neutralización ácida (ANC), el Carbono orgánico total (TOC), el Carbono Orgánico Disuelto (DOC) y la capacidad de absorción de los metales (Cd, Cu, Ni, Pb y Zn), esto con la finalidad de describir las alteraciones que ocurren en la lixiviación de los metales pesados cuando se les añaden las enmiendas. En los resultados se observó que en el curso de la aceleración del envejecimiento (proceso de secar y mojar) del suelo/ metal, más la enmienda no existió alteraciones de mayor importancia ya que las propiedades fisicoquímicas como pH, ANC y DOC estuvieron constantes tras la evolución del envejecimiento, lo que conllevó a que los resultados estén de acorde a los resultados de lixiviación (se demostró que la inmovilización de metales ocurrió luego que se añadieron las enmiendas), además que esos suelos tienen pH con la añadidura de las enmiendas se elevó para el beneficio de aumentar la capacidad de sorción y ello fue sostenible y estable en el tiempo. (Venegas, 2015)

(Melo, Puga, Coscione, & Aparecida de Abreu, 2015) en su artículo “Sorción y desorción de cadmio y zinc en dos suelos tropicales modificado con biochar derivado de la paja de caña de azúcar”, indica que el propósito del biochar puede mejorar la capacidad de retención de metales en los suelos, especialmente en suelos tropicales muy erosionados cuya baja capacidad de intercambio catiónico hace que los metales pesados se vuelvan móviles, y así poder lixiviar desde el suelo. Se evaluó el efecto del biochar derivado de la paja de caña de azúcar sobre la absorción y desorción de Cd (II) en dos suelos tropicales (Oxisol arcilloso que es un tipo de orden de suelo potencialmente rico en hierro y aluminio y un Entisol es un tipo de orden de suelo derivado de fragmento de una roca) los cuales tuvieron reacciones reversibles en condiciones de acidez extremas, pero se controló cuando se añadió el biochar.

Por otro lado, se encontró que los compuestos minerales en el biocarbón del estiércol causan precipitación y son el principal mecanismo responsable de la eliminación de metales pesados de la solución. Se encontró que el intercambio de Cd o Zn con Ca y Mg del biocarbón jugaba un papel menor en la eficiencia de retención, mientras que la precipitación superficial (por ejemplo, con fosfato), principalmente en el Entisol, era probablemente el principal mecanismo que contribuía a la sorción del metal. El biocarbón derivado de la paja de la caña de azúcar aumentó la absorción de metales y, por lo tanto, redujo el riesgo asociado con los metales en solución. Esto debe ser monitoreado en pruebas de campo a largo plazo para asegurar que las condiciones que reducen el pH del suelo (es decir, el agua de lluvia, etc.) no nieguen las reducciones útiles de metales solubles que proporciona el biocarbón. (Melo, Puga, Coscione, & Aparecida de Abreu, 2015).

(Morshedizad, Zimmer, & Leinweber, 2016) en su investigación “Efecto de los carbonos óseos en las interacciones fósforo-cadmio mediante tres procedimientos de extracción”; se evaluó tres procedimientos de extracción en donde a los suelos incubados con diferentes variantes de fertilización como virutas óseas desengrasadas pirolizadas (BC), carbonización ósea con compuestos de azufre (BCplus) y el fosfato de diamonio de liberación rápida (Dap) se les colocó en contenedores de polietileno los cuales se cubrieron con una tapa perforada de parafilm y se regaban diariamente para recuperar la humedad evaporada, posteriormente éstos suelos incubados se extrajeron con soluciones de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Las concentraciones de P obtenidas por los tres extractantes estaban bien correlacionadas y el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  era adecuado para evaluar simultáneamente la solubilidad de P y Cd. La adición de BC aumentó el pH en todos los suelos mientras que BCplus y DAP redujeron el pH en suelos con  $\text{pH} > 5$ . Se observaron tendencias similares para el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -P en BC y BCplus durante el período de incubación, aunque BCplus resultó en concentraciones de P muchos mayores. La mayor eficiencia de la inmovilización en Cd-se obtuvo en suelos tratados con BC. La adición de BCplus y DAP disminuyó las concentraciones de Cd hasta 34 días de incubación en todos los suelos y permaneció efectiva en Cd-inmovilización en suelos que mostraron un aumento del pH de más de 145 días de incubación. Por lo tanto, los resultados indican que la modificación de la superficie de la BC puede promover la disolución de P junto con una concomitante inmovilización de Cd en gran medida a través de su efecto pH, pero esto debe confirmarse en estudios en condiciones de no-equilibrio. (Morshedizad, Zimmer, & Leinweber, 2016).

(Sun, et al., 2016) en su artículo de investigación “Evaluación de la eficacia de las enmiendas de sepiolita, bentonita y fosfato en la estabilización de suelos contaminados con cadmio”, trata acerca de un ensayo de pote para evaluar la eficacia de la sepiolita, bentonita y fosfato en la remediación de la inmovilización de suelos contaminados con cadmio (Cd) utilizando una serie de variables, a saber, los rasgos fisiológicos, el procedimiento de extracción secuencial, el crecimiento de las plantas y la concentración de Cd, y las actividades enzimáticas del suelo y la población microbiana. Los resultados mostraron que las actividades de superóxido dismutasa y peroxi-dasa en las hojas de arroz (*Oryza sativa* L.) y las actividades de catalasa en los suelos fueron estimuladas después de aplicar las enmiendas. Sin embargo, el contenido de proteínas solubles en las hojas y las actividades de la ureasa e invertasa en los suelos se redujeron del 7,1% a 31,7%; 1,0% 23,3% y 21,1%-62,5%, respectivamente, en comparación con el control. Los resultados de los procedimientos de extracción de la secuencia revelaron que la fracción intercambiable de Cd en los suelos se convertía principalmente en formas asociadas a los carbonatos. La fracción soluble en agua más la fracción intercambiable (SE) de Cd en el suelo disminuyó cuando se trató con materiales simples y compuestos de sepiolita, bentonita y fosfato, lo que resultó en una reducción del 13,2%-69,2% en comparación con la prueba de control (CK). Las enmiendas condujeron a la disminución de las concentraciones de Cd en las raíces, tallos, hojas, arroz integral y cáscara de arroz en un 16,2%-54,5%; 16,6%-42,8%; 19,6%-59,6%, 5,0%-68,2% y 6,2%-20,4%, respectivamente. Las enmiendas de compuestos podrían ser más utilizadas para la estabilización de suelos contaminados con Cd con baja absorción y translocación de Cd en las plantas y contenido disponible de Cd en el suelo.

(Lothenbach & Gerhard, 2005) en su artículo científico de sobre “Inmovilización de cadmio y zinc en suelo por Al-montmorillonita y lodos de grava”, se Investiga el potencial de los lodos de montmorillonita, Al-montmorillonita y grava para inmovilizar los metales pesados contaminantes en el suelo agrícola. Los experimentos por lotes mostraron que tanto la montmorillonita como la montmorillonita inmovilizaban el zinc y el cadmio. El zinc se unió específicamente a la Al-montmorillonita y se fue incorporando cada vez más al polímero hidrox-Al de la capa intermedia, mientras que no hubo sorción específica en la montmorillonita. El cadmio se unía a la montmorillonita y a la Al-montmorillonita de forma no específica por intercambio catiónico, pero no se incorporó a la red. En experimentos de maceta se añadieron lodos de montmorillonita, Al-montmorillonita o grava a un suelo

contaminado con zinc y cadmio. El aumento de las dosis de estos agentes redujo las concentraciones de zinc y cadmio extraíbles con  $\text{NaNO}_3$ . La adición de lodos de montmorillonita, Al-montmorillonita y grava a un suelo con un pH casi neutro redujo la disponibilidad de zinc y cadmio para las plantas en experimentos en maceta. Sin embargo, cuando se agregó  $\text{HNO}_3$ , el zinc y el cadmio se volvieron a movilizar más fácilmente después del tratamiento con montmorillonita que con Al-montmorillonita. Sólo para cadmio con un pH inferior a 4.5 fue la montmorillonita el aglutinante más eficaz. La aplicación de lodos de grava aumentó la capacidad de amortiguación del suelo y tuvo un 30% de eficiencia en los tratamientos para la removilización de zinc y cadmio que los otros tratamientos. (Lothenbach & Gerhard, 2005)

LI et al. (2018) en su artículo de investigación sobre “Adsorción y Desorción de Cd por Enmienda del Suelo: Mecanismos e Implicaciones Ambientales en la Remediación de Suelos en el Campo”, tiene como objetivo evaluar la eficacia de cuatro enmiendas del suelo (denominadas Ad<sub>1</sub>, Ad<sub>2</sub>, Ad<sub>3</sub> y Ad<sub>4</sub>, cuyos principales componentes son minerales arcillosos, minerales base, humus y biochar, respectivamente) para reducir la disponibilidad de Cd y aumentar la estabilidad de Cd en el suelo. La capacidad máxima de adsorción de las enmiendas de prueba en Cd osciló entre 7,47 y 17,67 mg g<sup>-1</sup>. Las caracterizaciones de las enmiendas de prueba antes y después de la carga de Cd proporcionaron la evidencia de que la precipitación superficial y el intercambio de iones eran las principales razones para que Ad<sub>1</sub> y Ad<sub>2</sub> adsorbieran Cd, y la complejidad fue para Ad<sub>3</sub> y Ad<sub>4</sub>. Además, hubo un aumento significativo en los porcentajes de desorción de Cd de las enmiendas a medida que disminuía el pH (de 7 a 1.000 mg/kg).1) o aumento de la fuerza de los iones (de 0 a 0,2 M). Comparativamente, Ad<sub>3</sub> y Ad<sub>4</sub> podrían ser más efectivos para la inmovilización in situ de Cd en suelos contaminados, debido a sus altas capacidades de adsorción (12,82 y 17,67 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) y bajos porcentajes de desorción (4,46-6,23%) a pH de 5 a 7 e iones de 0.01 a 0.1 mol L<sup>-1</sup>. Se prepararon y compararon cuatro enmiendas diferentes: Ad<sub>1</sub> contenía una mezcla de atapulgita y superfosfato triple; Ad<sub>2</sub> consistía en zeolita y superfosfato triple; Ad<sub>3</sub> se preparaba mezclando hidroxiapatita y humus; y Ad<sub>4</sub> era el biocarbón de cáscara de arroz preparado por carbonización a alta temperatura (hasta 550 °C). Las enmiendas del suelo se consideraron eficaces para estabilizar el Cd a partir de soluciones acuosas. La capacidad máxima de adsorción de las enmiendas de prueba en Cd osciló entre 7,47 y 17,67 mg g<sup>-1</sup> y siguió el orden de: Ad<sub>3</sub> > Ad<sub>4</sub> > Ad<sub>1</sub> > Ad<sub>2</sub>. Disminución del pH (de 7 a 1) o

aumento del ión (de 0 a 0,2 M) aumentó significativamente los porcentajes de desorción de Cd de las enmiendas. Los resultados indican que las enmiendas de prueba mostraron un gran potencial para estabilizar el Cd en suelos contaminados. Comparativamente, Ad<sub>3</sub> y Ad<sub>4</sub> son las enmiendas más prometedoras para la inmovilización in situ de Cd en suelos contaminados, debido a su alta capacidad de adsorción y bajo porcentaje de desorción a valores de pH más altos y fuerzas iónicas menores. (Li, Wang, Zhao, Ma, & Chen, 2018).

Después del análisis de los trabajos previos encontrados respecto a la investigación, se redacta la **teoría relacionada** al tema.

**Metales pesados:** Los metales representan alrededor de dos tercios de todos los elementos y alrededor del 24% de la masa de la Tierra. La mayoría de los metales de la Tierra se encuentran en estado puro o en combinación con otros elementos (por ejemplo, óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos). Los metales son un subconjunto de los elementos que se caracterizan por su carácter metálico y con propiedades (tales como: ductilidad, maleabilidad, conductividad y alta densidad). Pesado los metales se han definido sobre la base de una serie de factores, entre los que se incluyen las siguientes propiedades, toxicidad, densidad, peso atómico o número atómico (Duffus, 2002). Ejemplos de metales pesados son: el aluminio, el antimonio, el arsénico, el bario y el cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, níquel, plomo, manganeso, molibdeno, selenio, zinc, titanio, vanadio entre otros. Algunos metales como Hg, As, Se y Pb no son importantes o esenciales, ya que no realizan ninguna función fisiológica en las plantas, mientras que Zn, Ni, Mo, Mn, Fe, Cu y Co tienen una importancia fisiológica conocida ya que son necesarios para el metabolismo y el crecimiento de las plantas (Gaur & Adholeya, 2004). En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías (García & Dorronsoro, 2005): Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas. Pueden pasar a la atmósfera por volatilización: Pueden moverse, a las aguas superficiales o subterráneas y sobretodo Pueden estar atrapados en el suelo, bien de manera disuelta en fase acuosa del suelo, o en sitios específicamente adsorbidos (Pagnanelli, Mosca E, & L., 2004) Se conoce que desde la base físico-química los metales precipitan (como por ejemplo el cadmio) pueden ser bien por resultado de cambios en el pH o también como por oxidación u otros cambios de su composición química. En conclusión, la adaptación de cada tipo de especie un rango determinado de Ph, infieren en que éste sea el principal criterio a la dinámica de los nutrientes que posteriormente serán absorbidos por sus raíces y que influye en su

productividad (INTAGRI, 2018).

**Suelos en la Amazonia:** Los suelos en la Amazonía se distingue principalmente diferenciadas por su altitud, morfología, clima, características de sus ríos, etc., que son la selva alta y selva baja. Además, presenta diversidad ecológica, los cuales son determinados por factores físicos. Los suelos más jóvenes son más fértiles, aquellos distribuidos en lugares inferiores cerca de algún río y los suelos mayores son más ácidos y menos fértiles (INTAGRI, 2018).

**Proceso de sorción / desorción:** La retención de especies de solutos metálicos cargados por las superficies cargadas de los componentes del suelo se agrupa en general en retención específica y no específica (Sparks, Environmental Soil Chemistry, 2003). En términos generales, no específicos, la adsorción es un proceso en el cual la carga sobre los iones se equilibra. La carga en las partículas del suelo a través de la atracción electrostática, mientras que la adsorción específica implica la formación de enlaces químicos entre los iones en la solución y aquellos en la superficie del suelo (Carrillo, De Freitas, Fernandes, Fontes, & Jordao, 2013). Tanto las propiedades del suelo como la composición de la solución del suelo determinan el equilibrio dinámico entre el metal en solución y la fase sólida del suelo. La concentración de metal en la solución del suelo está influenciada por la naturaleza de los iones ligandos orgánicos e inorgánicos, y el pH del suelo a través de su influencia en los procesos de absorción de metales (Bolan N. , Adriano, Mani, Duraisamy, & Arulmozhiselvan, 2003). El efecto de los valores de  $\text{pH} > 6$  en la reducción de las actividades de los iones metálicos libres en los suelos se ha atribuido al aumento de la carga superficial dependiente del pH en los óxidos de Fe, Al y Mn, la quelación de la materia orgánica o la precipitación de hidróxidos metálicos (por ejemplo,  $\text{Pb}(\text{OH})_3$ ) (Soares, Casangrande, & Mouta, 2008) . Se encuentra que la actividad del metal pesado (por ejemplo, Cd y Pb) en solución en suelos naturalmente ácidos disminuye con el aumento del pH, lo que se atribuye al aumento de la CEC (Violante A. , Cozzolino, Perelomov, Caporale, & Pigma, 2010). Otras interacciones químicas que contribuyen a la retención de metal por las partículas coloidales incluyen la reacción de complejación entre el metal y los iones ligandos inorgánicos y orgánicos. Como podría esperarse, el componente orgánico de los constituyentes del suelo tiene una alta afinidad por los cationes de metales pesados como el Cu, Cd y Pb debido a la presencia de ligandos o grupos que pueden formar quelatos con el metal (Bolan N. , et al., 2011) . Con el aumento del pH, los grupos funcionales carboxilo, fenólico, alcohólico y

carbonilo en la materia orgánica del suelo se disocian, lo que aumenta la afinidad de los iones ligando por estos cationes metálicos. Sin embargo, la extensión de la formación de complejos metal-orgánicos varía con una serie de factores que incluyen la temperatura, los factores estéricos y la concentración. Todas estas interacciones están controladas por el pH de la solución y la fuerza iónica, la naturaleza de las especies metálicas, el catión dominante y los compuestos orgánicos e inorgánicos ligando presentes en la solución del suelo (Bolan N. , et al., 2011).

**Enmiendas de suelo para remediación:** Se utilizan varias enmiendas para movilizar o inmovilizar metales pesados en los suelos. El principio básico involucrado en la técnica de movilización es liberar el metal en la solución del suelo, que posteriormente se elimina con plantas superiores. Por el contrario, en el caso de la técnica de inmovilización, el metal en cuestión se elimina de la solución del suelo mediante reacciones de adsorción, complejación y precipitación, lo que hace que el metaloide no esté disponible para la absorción humana y vegetal y se lixivie al agua subterránea (Bolan, Adriano, & Naidu, 2003).

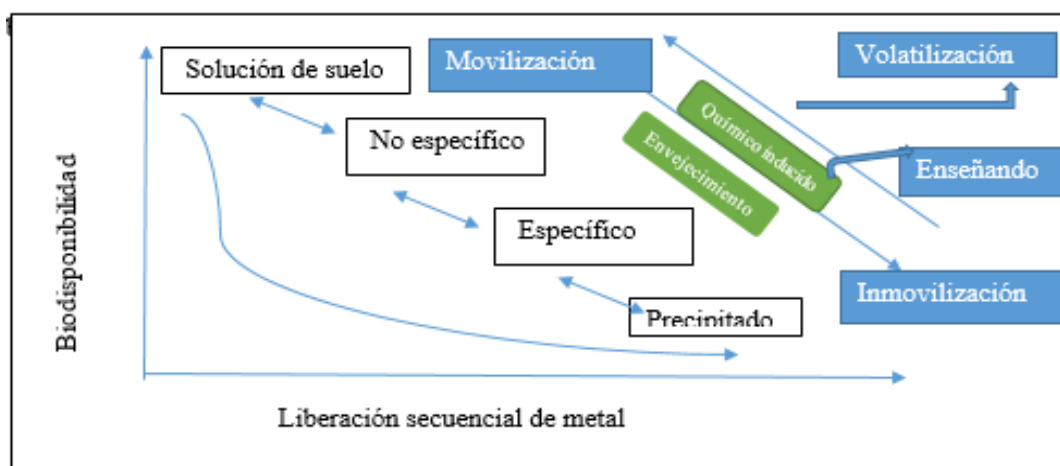
**Inmovilización de contaminantes del suelo:** La inmovilización de contaminantes se puede lograr principalmente mediante reacciones de adsorción, precipitación y complejación que resultan en la redistribución de contaminantes de la fase de solución a la fase sólida, reduciendo así su biodisponibilidad y transporte en el medio ambiente (Porter S. K., Scheckel, Impellitteri, & Ryan, 2004).

**Efectos de la relación entre planta y metal pesado en la fitoextracción:** La habilidad de una planta para absorber y acumular metales pesados no solo está limitada por su genotipo, sino que también se ve afectada por su microflora rizosférica, por las propiedades físicas y químicas del suelo y por la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo (Y Ma, Dickinson, & Ming Hung Wong, 2003) .Es un fenómeno universal que una planta puede absorber casi cualquier metal pesado (Sun, Zhou, & Li, 2001). Esto se debe a que una planta no tiene selectividad absoluta durante la absorción de sustancias nutritivas en el suelo, y hay algunas diferencias solo en la capacidad de acumulación. Algunas concentraciones de metales pesados en las plantas se pueden expresar como porcentaje, algunas por trazas en mg / kg y g / kg, pero algunos no pueden ser detectado utilizando métodos analíticos actuales (Zhou Q. X., Song, Yongming, & Chen, 2004).



**pH del suelo:** El pH es un parámetro que afecta el comportamiento de los metales en el suelo y sus propiedades (Tack, 2010). El pH del suelo es un factor vital que influye en los contaminantes y en los procesos biológicos en el suelo. Los procesos biológicos regidos por el pH son la solubilidad, precipitación y disolución, sorción, desorción y actividades microbianas (Rodríguez & Fraga, Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion., 2016). Un pH bajo tiende a conducir a una disminución de la absorción y a un aumento de la biodisponibilidad y la movilidad de la mayoría de los metales (Rodríguez, et al., 2006).

**Biodisponibilidad:** La biodisponibilidad se ve fuertemente afectada por el pH del suelo (Nederlof, Van Riemsdijk, & De Haan, 2008). En Suelos contaminados con Zn a medida que disminuye el pH, la solubilidad y la extracción de Zn del suelo (Yanshan, Qingren, Yiting, Haifeng, & Peter, 2004).



*Figura 1.1 Interacción entre las reacciones de adsorción del metal en el suelo y biodisponibilidad.*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para (Juhasz, Smith, & Naidu, 2003) la biodisponibilidad depende de tres factores. En primer lugar, el organismo receptor debe estar expuesto a la matriz en la que se encuentra el contaminante. En segundo lugar, dentro de la matriz, debe haber una fracción del contaminante que no está irreversiblemente secuestrado o unido a la matriz, es decir, el contaminante debe ser potencialmente disponible. Finalmente, el organismo receptor que está expuesto a la matriz contaminada debe ser capaz de asimilar la fracción potencialmente disponible. Sin cumplir estos tres requisitos, el contaminante no está biodisponible. Es decir,

para que un contaminante llegue a ser biodisponible, primero debe ser bioaccesible, ha de ser movilizado de la matriz en que se encuentra, en este caso el suelo, durante el proceso de digestión (Oomen, Rompelberg, Bruil, & Dobbe, 2003). (Peijnenburj & Jager, 2003) Definen la fracción bioaccesible como la fracción del contenido de un elemento en la comida, agua o suelo ingeridos que se solubiliza durante el proceso digestivo. Esta fracción representa la máxima cantidad del contaminante disponible para ser absorbida en el intestino a través de las paredes intestinales y alcanzar la corriente sanguínea o el sistema linfático. (Kelley, Brauning, Schoof, & Ruby, 2002) la definen como la fracción de metal que se disuelve en el estómago y que puede absorberse durante su paso por el intestino delgado. Por lo tanto, dos procesos son fundamentales en la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo ;en primer lugar, la solubilización del metal de la matriz sólida y, en segundo lugar, la absorción del metal a través de las membranas epiteliales del intestino delgado (Rodríguez, Basta, Casteel, & Pace, 2016) Por tanto es importante que los estudios dirigidos a evaluar la biodisponibilidad de los metales pesados simulen las condiciones fisiológicas del estómago en las que se produce la absorción de los contaminantes.

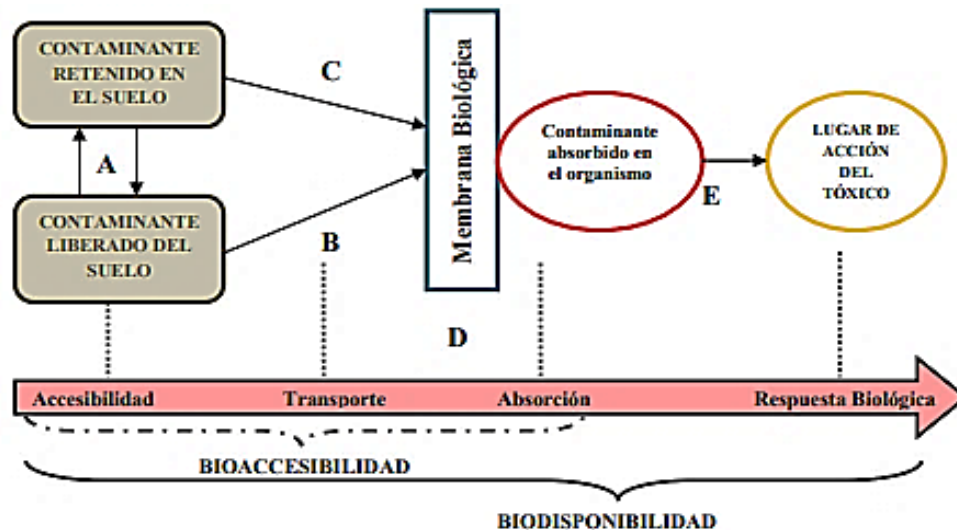


Figura 1.2. Esquema de los procesos que intervienen en la biodisponibilidad de un contaminante en el suelo.

Fuente: Modificado de NRC, 2003.

A: Procesos físicos, químicos y bioquímicos implicados en la retención y solubilización del contaminante en el suelo.

B: Transporte de contaminantes solubles hacia las membranas biológicas donde pueden ser absorbidos.

C: Transporte de contaminantes retenidos sobre partículas sólidas.

D: Absorción del contaminante mediante procesos de difusión o transporte activo.

E: Órgano o tejido donde se metaboliza el contaminante o se ejerce la acción tóxica.

**Disolución y precipitación:** La disolución y la precipitación son procesos químicos que determinan la disponibilidad de componentes minerales inorgánicos del suelo, ya que los metales disueltos son más móviles y disponibles que los precipitados. Los factores que influyen en la dinámica de interacción están asociados principalmente a las condiciones climáticas como la temperatura y los cambios en el régimen hídrico. Estos cambios pueden generar la descomposición de la materia orgánica del suelo y afectar la estructura de la fase minera (Porta, Acevedo, & Roquero, 2003).

**Los minerales arcillosos:** Son filosilicatos de aluminio hidratados, a veces con cantidades variables de hierro, magnesio, metales alcalinos, tierras alcalinas y muestran un gran potencial para controlar la movilidad y biodisponibilidad de los metales del suelo a través de la adsorción, complejación y la precipitación (Porta, Acevedo, & Roquero, 2003).

**Los carbonos óseos:** Son una categoría de enmiendas de fósforo para la estabilización de los metales del suelo. El cual puede reaccionar con los iones de metales pesados y consecuentemente llevar a la precipitación y a una reducción en la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo; el carbono óseo es un absorbente compuesto mixto en el carbono se distribuye a través de una estructura porosa de hidroxiapatita. (Chen & Fu, 2001). Además, las superficies de las partículas de huesos eran ásperas y tenían muchos surcos, lo que también era favorable para la absorción y por lo tanto la inmovilización de los metales pesados (Yang J. J., 2016).

**Lechuga:** A medida que las producciones se realizan en condiciones más controladas, se logra un producto más suave y delicado. La variedad de lechuga mantecosa se realiza prácticamente en invernadero. La lechuga es una planta de cultivo anual con un ciclo que puede oscilar entre 35 y 120 días, según cultos la estación y el sistema de cultivo empleado. El período de crecimiento relativamente corto de la lechuga permite generar más de un turno de cosecha por ciclo anual de producción. Los sistemas empleados para sus cultivos son principalmente; a campo, bajo invernadero y en sistema hidropónicos. El cultivo de la

lechuga se desarrolla en clima tempo con temperatura media mensuales de 13 y 18% °C (Aguero, 2011). La lechuga (*Lactuca sativa*) es una planta herbácea anual, ella pertenece a la familia Compositae, las cuales son diversas familias de plantas con flores. Su nombre (Lactuca) deriva de la palabra latina “lac” que significa “leche”. Se caracteriza porque su raíz se desarrolla en la capa superior del suelo y a veces sobrepasa los 25 cm de profundidad. Es una planta anual y autógena, dentro, El pH óptimo se encuentra en un intervalo de 6 a 7.5. La lechuga es una planta que resiste los contenidos medios de salinidad. La presencia de las sales en el suelo aumenta la sensibilidad de la planta a las altas temperaturas y reduce el tamaño de las mismas. En cuanto a los requerimientos nutricionales, para producir cogollos de calidad, la lechuga requiere buena disponibilidad de nitrógeno Entre los vegetales, las hortalizas son reconocidas por ser una excelente fuente de vitaminas y minerales (Piagentini A. , Méndez, Guemes, & Pirovani, 2005). .En especial algunas investigaciones han demostrado efectos positivos de la lechuga previniendo enfermedades cardiovasculares en ratas y humanos (Nicolle C. , et al., 2004).El ciclo en que la lechuga se desarrolla, es el siguiente: 1.- Germinación: las pequeñas semillas de *Lactuca sativa* (lechuga) se desarrollan en un periodo de latencia que puede prolongarse dos meses después de la cosecha. La temperatura óptima de la germinación se varía desde 15 a 20°C.Cuando la planta (*Lactuca sativa*) llega a los 8 o 10 cm de altura y tienen entre 5 o 6 hojas se debe empezar a realizar el trasplante. La plantación puede realizarse en hilos de distancia entre 25 a 30 cm entreplanta y planta.2.- Empieza la evolución de roseta y hojas y se forma la cabeza: Cuando la se introdujo la planta en el suelo empieza a realizarse una fase vegetativa, y es ahí donde se produce el desarrollo y crecimiento de hojas formando una roseta. En la primera parte del crecimiento, la temperatura adecuada estaría ente 10 y 15 °C.3. Fase reproductiva: Una planta de lechuga inducida a florecer va teniendo cambios, y pasa de ser planta en roseta con un tallo corto a una planta de más de un metro de altura (Aguero, 2011) .

Luego de revisar los conceptos relacionados y de acuerdo a la realidad problemática , se planteó como **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019?, luego del problema general se obtienen los **problemas específicos**: ¿Cuál es la proporción optima de enmienda (arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019? ¿Cuál el efecto de la

enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019? ¿Cuál es el efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco?

**Justificación del estudio:** La presente investigación se basa en dar solución a una de la problemática actual en nuestro País, que se orientará en reducir las concentraciones de cadmio en los suelos con plantaciones agrícolas, utilizando las enmiendas de arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea. Según la Organización Internacional del (ICCO) señaló que nuestro país es uno de los países que tiene una gran producción y exportación de productos muy de calidad y de aroma. Se cree que actualmente los productores no conocen la verdadera dimensión del problema agrícola y no tienen la capacidad para enfrentar el problema de dicha contaminación. Por eso el principal aporte del proyecto es generar en primer lugar un mapa geoquímico de la zona para después tratar de inmovilizar el metal pesado (cadmio) en las zonas de mayor contaminación del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco.

Por consiguiente, al problema general y los problemas específicos se ha planteado la **hipótesis general:** La enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) tiene eficiencia en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. A partir de la hipótesis general se plantean las **hipótesis específicas:** La proporción óptima de enmienda (arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. Existe efecto de la enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. El efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.

A partir de las hipótesis específicas mencionadas, se determina como **objetivo general:** Evaluar la eficiencia de las enmiendas (Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. Y como **objetivos específicos:** Determinar la proporción óptima de

enmienda (arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. Analizar el efecto de la enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019. Determinar el efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y diseño de investigación

El estudio de esta investigación es de tipo aplicada, ya que depende de la información obtenida de la investigación básica, está basada en la aplicación de prácticas a partir del conocimiento empíricos (Zorrila, 2015).

El diseño de la investigación es aquel utiliza experimentos y los principios encontrados en el método científico, con el fin de tener conclusiones válidas y objetivas. Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones. (Hernandez, 2014).

En nuestro estudio de diseño experimental se manejarán las variables independientes en la cual se realizará variaciones en las cantidades de la arcilla Montmorillonita y también de la carbonilla ósea de res y cerdo, con el fin de observar los resultados de la variable dependiente: la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.

**Tabla 2.1.** *Distribución enmiendas a utilizar en suelo contaminado.*

Tipo de enmienda	M1	M2
Carbonilla ósea +Arcilla	10:90	50:50

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Diseño experimental: Las enmiendas se añadieron a los suelos contaminados en proporción de 5% por cada kilo de tierra en cada maceta

### 2.2 Operacionalización de variables

**Tabla 2.2.** *Distribución de parcelas por tratamiento.*

VARIABLES	
Independiente:	Dependiente:
Efecto de las enmiendas de arcilla y con carbonilla ósea.	Inmovilización del cadmio en suelo contaminado.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

**Tabla 2.3.** *Estructura de la experimentación.*

CÒDIGO	TESTIGO	REPETICIONES	ENMIENDAS		IDENTIFICACIÒN
			M1(10:90)	M2(50:50)	
S1	S1.TG	R1	5%	5%	S1R1
S1		R2	5%	5%	S1R2
S1		R3	5%	5%	S1R3
S2	S2.TG	R1	5%	5%	S2R1
S2		R2	5%	5%	S2R2
S2		R3	5%	5%	S2R3
S3	S3.TG	R1	5%	5%	S3R1
S3		R2	5%	5%	S3R2
S3		R3	5%	5%	S3R3
S4	S4.TG	R1	5%	5%	S4R1
S4		R2	5%	5%	S4R2
S4		R3	5%	5%	S4R3
S5	S5.TG	R1	5%	5%	S5R1
S5		R2	5%	5%	S5R2
S5		R3	5%	5%	S5R3
S6	S6.TG	R1	5%	5%	S6R1
S6		R2	5%	5%	S6R2
S6		R3	5%	5%	S6R3
S7	S7.TG	R1	5%	5%	S7R1
S7		R2	5%	5%	S7R2
S7		R3	5%	5%	S7R3
S8	S8.TG	R1	5%	5%	S8R1
S8		R2	5%	5%	S8R2
S8		R3	5%	5%	S8R3
S9	S9.TG	R1	5%	5%	S9R1
S9		R2	5%	5%	S9R2
S9		R3	5%	5%	S9R3
S10	S10.TG	R1	5%	5%	S10R1
S10		R2	5%	5%	S10R2
S10		R3	5%	5%	S10R3

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Tabla 2.4.** Distribución enmiendas a utilizar en suelo contaminado

Variable	Definición	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>INDEPENDIENTE:</b>  Efecto de las enmiendas arcilla con carbonilla ósea	<p>Las enmiendas comunes utilizadas para la remediación de suelos en tierras agrícolas incluyen minerales arcillosos (Feng et al. 2013). Los principales elementos químicos de estos minerales son átomos de silicio, aluminio, hierro, magnesio, hidrogeno y oxígeno, ayudando a formar estructuras laminares debido a su gran superficie, fuerte capacidad de adsorción y la capacidad iónica con un gran potencial para la movilidad biodisponibilidad de los metales en suelos. (Aguirre, 2016)</p> <p>Además, los carbonos óseos son una categoría de enmiendas de fósforo para la estabilización de los metales del suelo. El cual puede reaccionar con los iones de metales pesados y consecuentemente llevar a la precipitación y a una reducción en la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo; es un absorbente compuesto mixto en el carbono se distribuye a través de una estructura porosa de hidroxiapatita. (Chen, Zhu, &amp; Y.B., 2006). También es favorable para la absorción y por lo tanto la inmovilización de los metales pesados (Yang, J.J., &amp; K., 2016).</p>	<p>Se preparará las enmiendas de Arcilla Montmorillonita adquiridas de un proveedor local. En cuanto a carbonilla ósea, obtenido a partir de los residuos de huesos de res y cerdo, pasados por un proceso de secado, triturado, tamizado. Posteriormente será aplicado para tratar el suelo con cadmio.</p>	Propiedades fisicoquímicas del suelo	Textura	mm
				Conductividad	ds/m
				pH	0 - 14
			Enmienda de Arcilla +carbonilla ósea)	Proporción de Enmienda	gr
				pH	Intervalo
				Tipo de enmienda	Nominal
<b>DEPENDIENTE:</b>  Inmovilización de cadmio	<p>La inmovilización de contaminantes se puede lograr principalmente mediante reacciones de adsorción, precipitación y complejación que resultan en la redistribución de contaminantes, reduciendo así su biodisponibilidad y transporte en el medio ambiente (Porter S. , Scheckel, Impellitteri, &amp; Ryan, 2004)</p>	<p>Se tomó muestras de suelo con cadmio en la cual será tratado con enmiendas y luego será sembrada las semillas de <i>Lactuca Sativa</i>, que será tomada como indicador de la calidad del suelo tratado.</p>	Cadmio en suelo contaminado.	Concentraciones de cd en el suelo inicial.	mg/kg
				Nivel de concentración de cadmio en la lechuga.	mg/kg %

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.3 Población, muestra y muestreo

### 2.3.1 Población

La población del estudio fue los suelos agrícolas cultivos de cacao, la cual presenta concentraciones de cadmio ubicada en anexo Belén- San Miguel de Semuya - Tournavista- Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.



Figura 2.1. *Entrada del Fundo Cristina-Huánuco*

Fuente: Elaboración propia, 2019

### 2.3.2 Muestra:

Como muestra se tomó 7 kilogramos de muestra por punto de estudio de tierra contaminada con cadmio de los cuales se aplicará enmiendas comprendidas de arcilla y carbonilla ósea.

- La toma de muestra será por el método probalístico porque todo el elemento de la población tiene una probabilidad mayor a cero de ser seleccionados en la muestra, la grilla (por ser un lugar plano y no hay quebradas) y de espacio entre cada cruce es de 100 metros. Con ayuda del equipo Drone Phantom 4 Pro V.2: que es un equipo usado en la toma de fotografías aéreas las cuales, se realizaron un procesamiento de imágenes es decir un trabajo de

gabinete con el software ArcGIS.

- El área del proyecto se encuentra ubicado en el anexo Belén -Honorio- Tournavista Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco). Geográficamente ubicada en la zona 18, del punto 518700E; 9032600N en la zona 18L, a unos aproximados 63.3 km de distancia del distrito de Pucallpa.

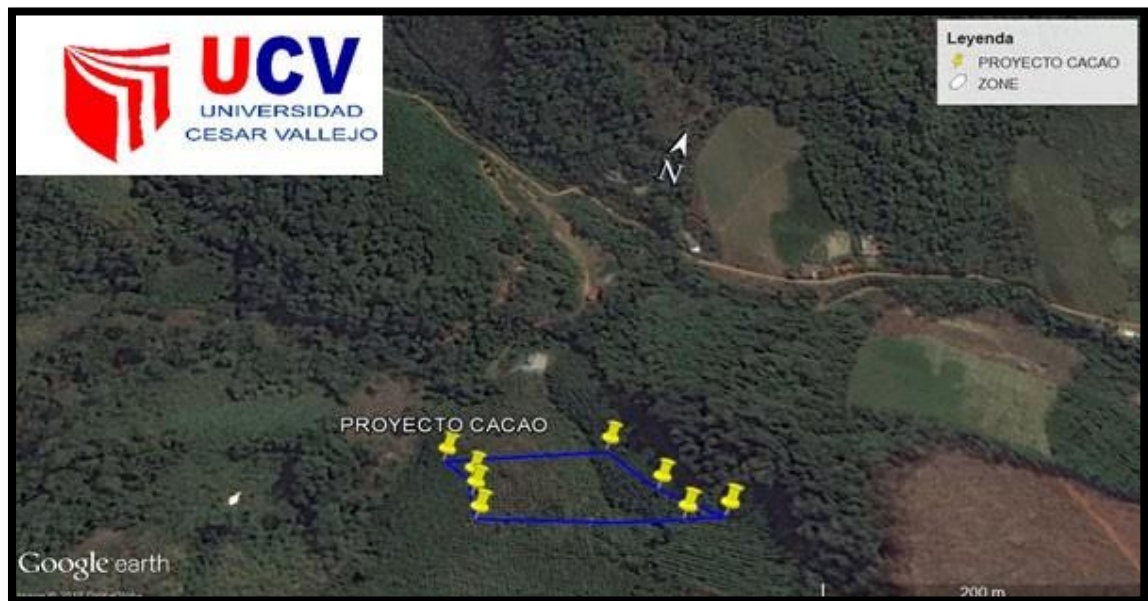


Figura 2.2. Coordenadas de estudio y su ubicación en un mapa

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

**Tabla 2.5.** *Coordenadas UTM de la entrada principal del Fundo Cristina – Huánuco.*

COORDENADAS UTM	
Este	518700
Norte	9032600
T°	26 °C
Precipitación	No
Zona	18L
Hora	1:00 pm

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 2.3.3 Muestreo

Como muestra se empleará bajo la técnica de muestreo probabilístico, ya permite conocer la probabilidad que cada unidad de análisis tiene que ser integrada a la muestra mediante la selección al azar (Ávila, 2006).

**Tabla 2.6.** Coordenadas de las muestras obtenidas

Código	Norte	Este
S1	9032220	519484
S2	9032251	519281
S3	9032111	519395
S4	9032043	519343
S5	9032232	518942
S6	9032070	518986
S7	9032069	519076
S8	9032259	519107
S9	9032176	519025
S10	9032153	519107

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

### 2.4.1 Técnica de recolección de datos.

**La observación:** Es la técnica que se utilizará, considerando las características físicas y el valor de la arcilla Montmorillonita y la carbonilla ósea, según (Rodríguez Peñuelas, 2008), menciona que las técnicas son medios de recolección de información entre las que destaca la percepción directa de objetos y fenómenos. basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos.

### 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se utilizará son las fichas de observación para las variables: Efecto de las enmiendas combinadas de arcilla con carbonilla ósea para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados en el Fundo Cristina en el dpto. Huánuco. Por medio de programas Microsoft Excel 2016 y el Minitab 18.1.

**Tabla 2.7.** *Identificación de instrumentos para recolección de datos.*

ETAPA		FUENTE	TECNICA
Selección del lugar a estudiar	Ubicación y área de estudio	Visita propia	Observación directa
	Toma de coordenadas		
Toma de muestras	Identificación del área	Fundo Cristina	Ficha de observación
	Puntos de muestreo		
Preparación Carbonilla	Pesado de huesos de res	Laboratorio FIMMG-UNI	Observación directa
Tratamiento con Arcilla Montmorillonita	Adición de la arcilla Montmorillonita	Laboratorio FIMMG-UNI	Observación directa
	Pesado de arcilla Montmorillonita		
	Análisis fisicoquímicos		
	Determinación de pH		

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

### 2.4.3 Validez y confiabilidad

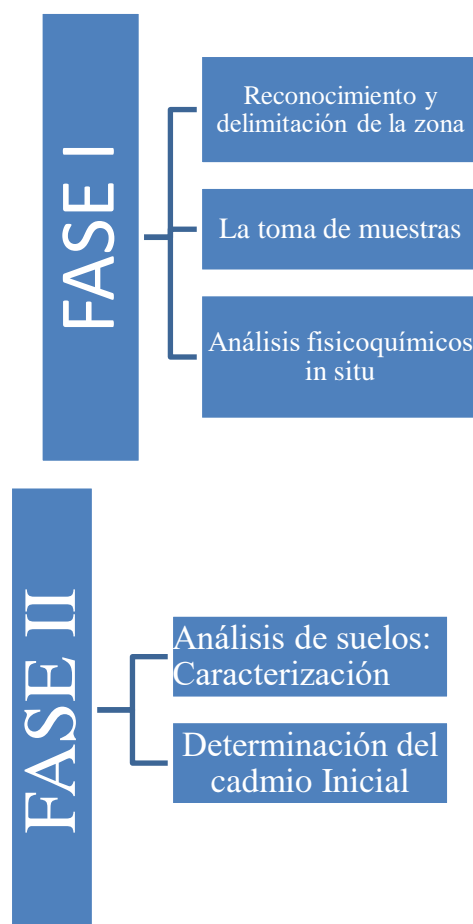
Para la Validez de los instrumentos se presentará una ficha a los expertos, ellos mediante su extensa experiencia evaluaron los instrumentos.

**Tabla 2.8.** Validez de instrumentos por especialistas de la Universidad Cesar Vallejo.

	<b>Especialista 1</b>	<b>Especialista 2</b>	<b>Especialista 3</b>
<b>Apellidos y Nombres</b>	Alcides Garzón Flores	Cesar Francisco Honores Balcázar	Carlos Alfredo Ugarte Alvan
<b>Grado Académico</b>	Mg.	Mg.	Mg.
<b>Centro donde Labora</b>	Docente de la UCV	Docente de la UCV	Docente de la UCV

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.5 Procedimiento



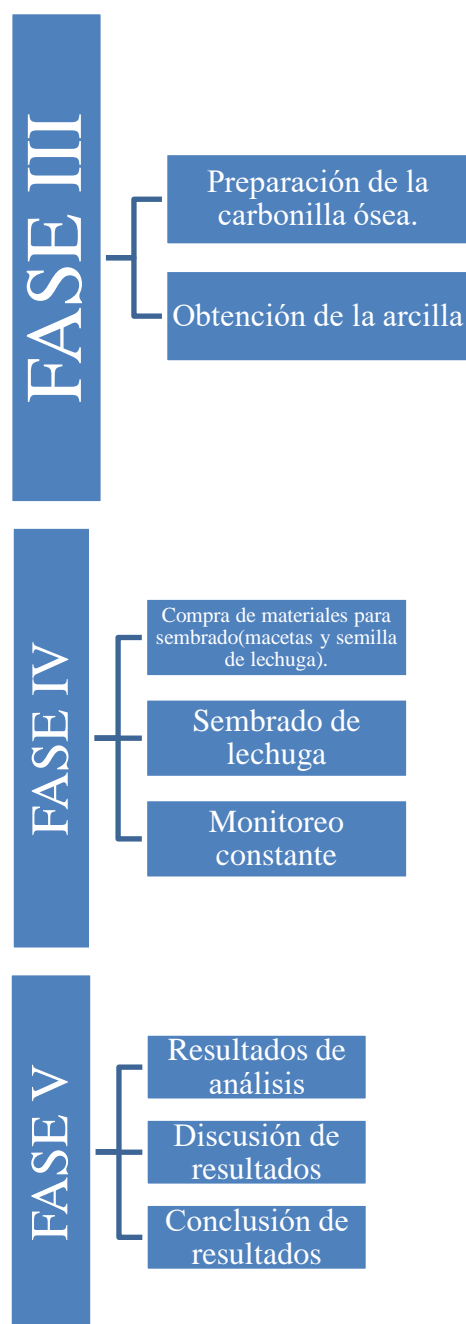


Figura 2.3. *Fases de investigación*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 2.5.1 Fase I: Reconocimiento y delimitación de la zona

En esta etapa del estudio se realizó monitoreo utilizando un Drone modelo PHANTOM 4 PRO, obteniéndose imágenes de la zona en estudio Honoria-Tournavista -Fundo Cristina en la Región Huánuco, Esta actividad de mapeo fue realizada en varios vuelos.



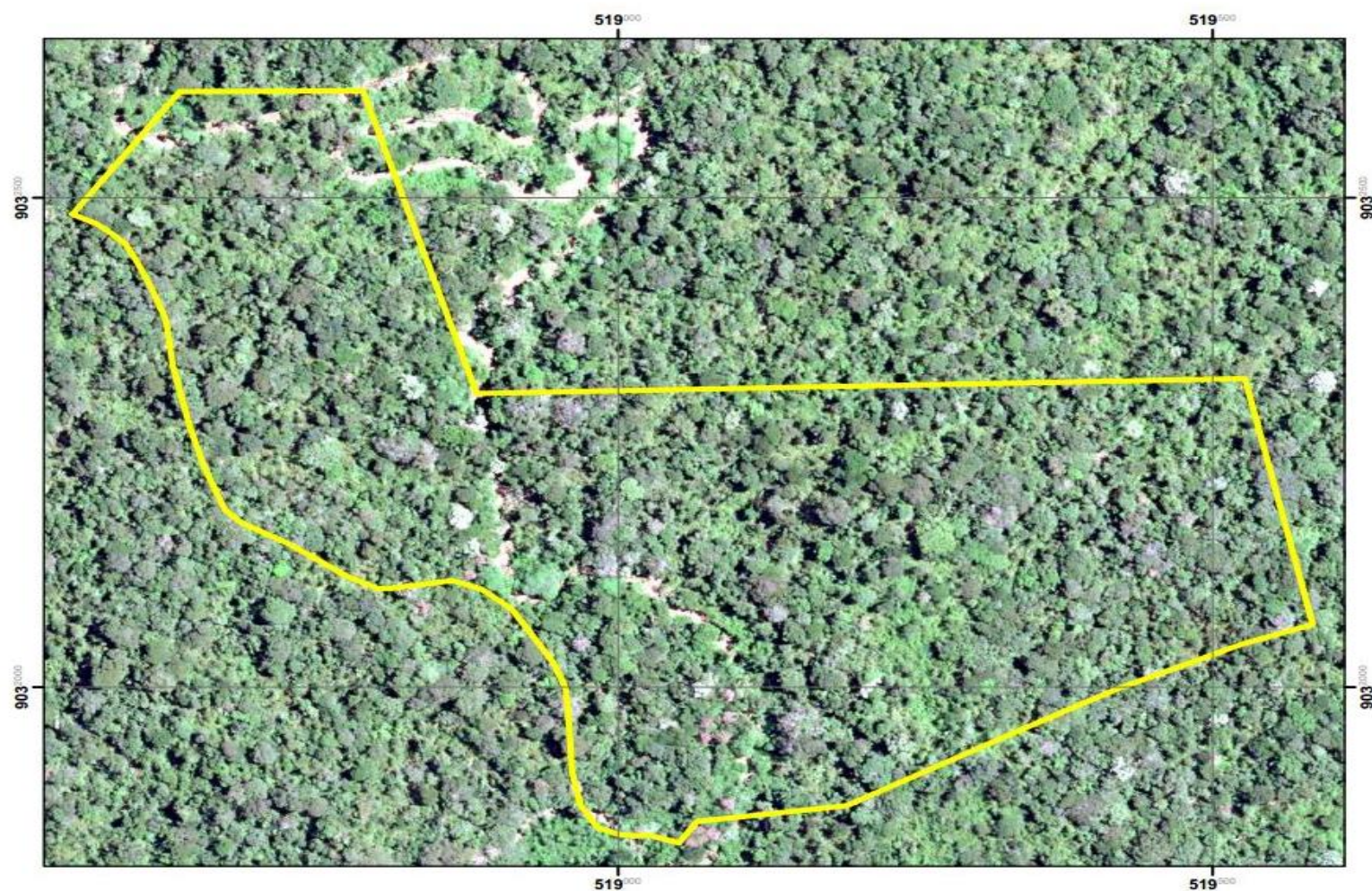


Figura 2.4. Ubicación de la zona de trabajo - “FUNDO CRISTINA”, Departamento de Huánuco.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



### 2.5.2 Fase I: La toma de muestras

Se realiza utilizando el método de la grilla regular, de acuerdo al área seleccionada se realizará la toma de muestras en una cuadrícula y con cierto espaciamiento. La toma de muestras se realiza dentro de una calicata de 30 cm de profundidad en el suelo (Sabroso & Pastor, 2004), el fruto se recolecta de los árboles escogidos dentro del área seleccionada. Las muestras extraídas fueron: suelo, grano y hojas que fueron almacenadas en bolsas ziploc, identificándolas con código y posicionamiento GPS para obtener la ubicación exacta de las muestras extraídas.

Figura 2.5. *Medida de calicata.*



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 2.6. *Ficha de observación.*

[illegible]

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 2.5.3 Fase I: Análisis fisicoquímicos insitu.



Figura 2.7. *Medición con multiparámetro*

Fuente: Elaboración propia, 2019.



#### **2.5.4 Fase II: Análisis de Suelo: Caracterización.**

La caracterización se realizó en la Universidad Agraria LA MOLINA.

#### **2.5.5 Fase II: Determinación de cadmio en suelo.**

Para la determinación de cadmio en suelo, se ha utilizado como guía la Norma EPA 3050 “Acid digestion of sediments, sludges , and soils (Digestión ácida de sedimentos, fangos y suelos)

**Tabla 2.9.** *Etapas de Análisis en el laboratorio de la Uni -Digestión de suelo.*

<b>SECADO</b>	
<b>MOLIENDA</b>	

<b>TAMIZADO</b>	
<b>CUARTEO DE SUELOS</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## PROCESO DE DIGESTIÓN – MÉTODO EPA 3050

### PROCESO DE DIGESTIÓN – MÉTODO EPA 3050



Se tomó 500gr de la muestra de suelo, la cual se homogenizó por un periodo de 15 minutos seguidamente se coloca en una base plana de una manera homogénea y uniforme, se realizó el respectivo cuarteo dividiendo la muestra en 4 partes y se toma solo las esquinas que se homogeniza durante 15 minutos y se vuelve a colocar en una superficie plana dividiéndola en 4 partes y tomando solo las esquinas homogenizando nuevamente la muestra que quedó.



La porción homogenizada se tamiza y se pesa solo 1 gramo de la muestra, en un recipiente de 150ml, se lleva a la campana donde se agrega 5 ml de agua desionizada y 5 ml de  $\text{HNO}_3$  con el propósito de eliminar alguna interferencia que pueda haber en la muestra.



La muestra se coloca en la plancha durante un periodo de 15 minutos tapado con la luna reloj a una temperatura de  $90^\circ$ , controlando que la muestra se seque, Se retira la muestra y se deja enfriar durante 15 minutos.

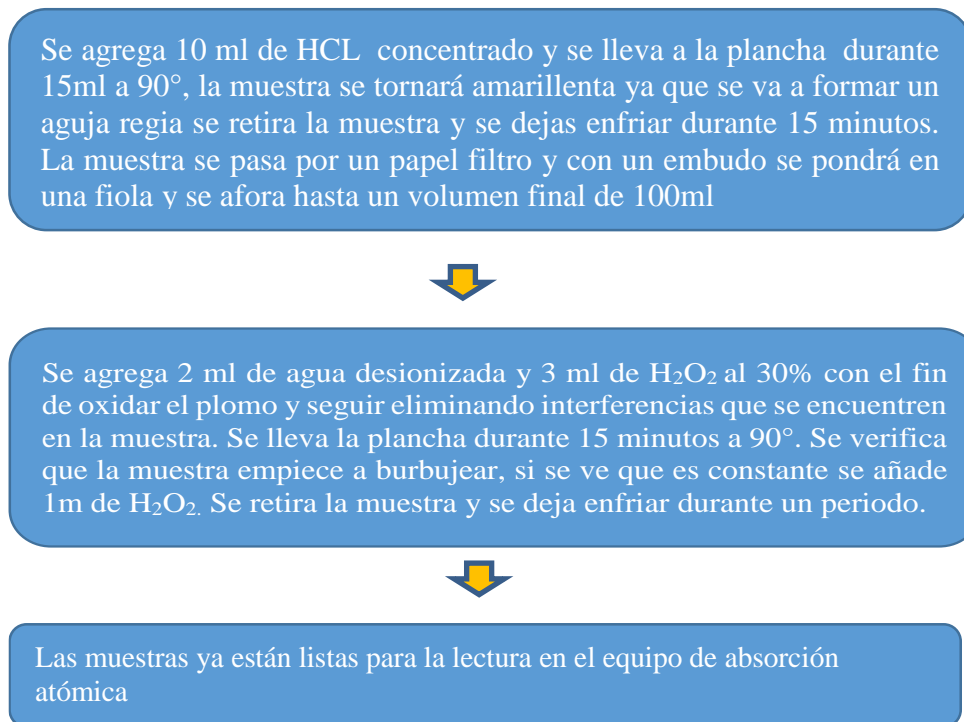


Figura 2.8. *Proceso de Digestión de suelo.*

Fuente: Guía metodológicas para el muestreo y Detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes almendras de cacao y productos derivados, 2013.

Se tomó 500gr de la muestra de suelo, la cual se homogenizó por un periodo de 15 minutos seguidamente se coloca en una base plana de una manera homogénea y uniforme, se realizó el respectivo cuarteo dividiendo la muestra en 4 partes y se toma solo las esquinas que se homogeniza durante 15 minutos y se vuelve a colocar en una superficie plana dividiéndola en 4 partes y tomando solo las esquinas homogenizando nuevamente la muestra que quedó.

La porción homogenizada se tamiza y se pesa solo 1 gramo de la muestra, en un recipiente de 150ml, se lleva a la campana donde se agrega 5 ml de agua desionizada y 5 ml de  $\text{HNO}_3$  con el propósito de eliminar alguna interferencia que pueda haber en la muestra.

Las muestras recogidas son pre - procesadas antes del análisis químico, en el caso de que las muestras estén húmedas, se utiliza el secado de las muestras en estufas a una temperatura adecuada y sin corrientes de aire que puedan contaminar las muestras. Una vez secas se realizan las operaciones de molienda, cuarteo y tamizado para obtener muestras más homogéneas. Estas operaciones se realizan con las muestras de suelos, frutos y hojas. Luego a partir de allí, se pesa 1 gramo de cada muestra para el posterior análisis.

La digestión se realizó en el calentado en la plancha, para ello se usaron los matraces de Kjeldahl de 100 ml. a 0.5 g de la muestra seca y molida de Suelo se agregó 0.5 ml de agua destilada y 10 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al 70%, se dejó reaccionar a 100 °C durante 2 horas. Después, de enfriar durante 15 minutos, se agregó 3 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, y se calentó a 100 °C durante 1 hora más. Después de enfriar, la solución se filtró con papel de filtro Whatman 42 y el volumen se completó hasta 25 ml (10) (Barreta Rivera, 2013).



Figura 2.9. *Análisis en laboratorio. Digestión*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Posterior a la digestión por la técnica Espectrometría de Absorción Atómica:** Las muestras de suelo fueron analizadas con ayuda de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) marca GBC. Scientific Equipment, modelo XplorAA. Se analizaron fundamentalmente 3 elementos como: el Cadmio bajo longitud de onda de 228.8 nm.



Figura 2.10. *Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS)*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### **2.5.6 Procesamiento y digitalización de los resultados.**

Con la información obtenida se realizó un mapa digital, para ello se utilizó el ARCGIS



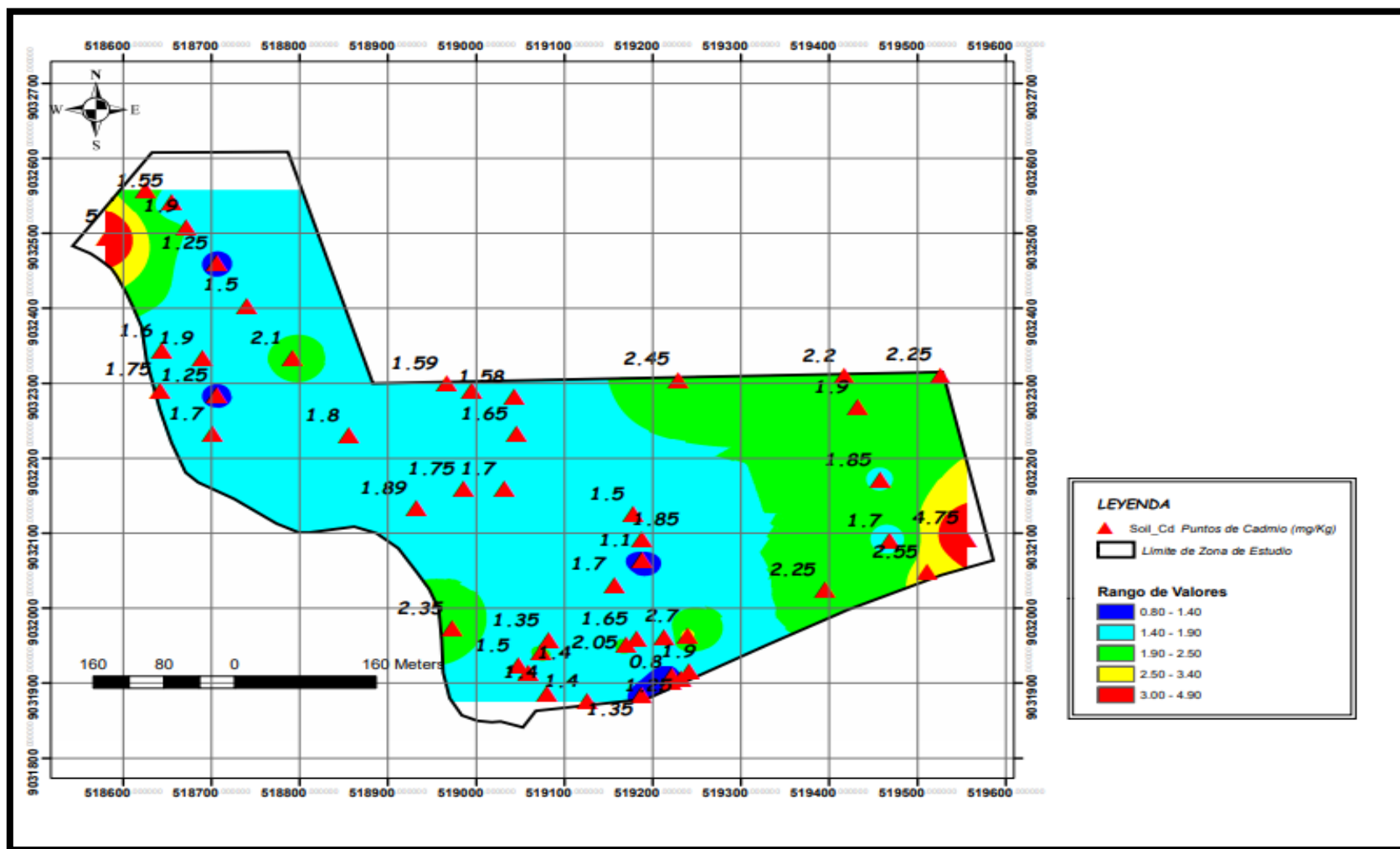






Figura 2.11. Mapa geoquímico del Fundo Cristina – Departamento de Huánuco

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 2.5.7 Fase III: Preparación de la Carbonilla ósea.

**Tabla 2.10.** *Etapas de la preparación de la carbonilla.*

<p><b>Paso 1:</b> Se procede con la adquisición de huesos de vaca y cerdo aproximadamente 5kg de cada uno, las cuales se adquiere en un mercado local, se cocinarán y retirará la carne y la grasa.</p>	
<p><b>Paso 2:</b> Luego se secarán al aire libre, se triturará y se tostarán a 75°C durante de 12 horas para reducir el contenido de agua. El polvo resultante se carbonizará 600°C en un horno mufla en condiciones anaeróbica.</p>	
<p><b>Paso 3:</b> Luego se realizará la molienda y cribado (separa por diferentes tamaños) con un tamiz de 100 mallas, obteniendo polvo homogéneo, así mismo se realizó el análisis de pH que fue 7.50.</p>	
<p><b>Paso 4:</b> A continuación, el polvo obtenido se lavó con agua desionizada, se secará a una temperatura constante de 105 °C durante 24 horas y se almacenará en botellas hasta su utilización</p>	

Fuente: Li (2018).

### 2.5.8 Fase III: Obtención de la arcilla Montmorillonita

Se aplica la Montmorillonita con un diámetro < 100 µm. que será adquirida de un proveedor local en Perú y su composición según Análisis de fluorescencia de rayos X (ver Anexo 9).



#### 2.5.8 Fase IV: Materiales a utilizar – sembrado.

**Tabla 2.11.** *Materiales para el sembrado.*





Proceso	Material	Cantidad
sembrado	mandil	02 u
sembrado	guantes	06 u
sembrado	Vasos descartables	70 u
sembrado	macetas	70 u
sembrado	Bolsas ziploc	100 u
sembrado	jarras	02 u
sembrado	Semilla de lechuga	210 u

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 2.5.9 Fase IV: Sembrado de Lechuga.

Se preparó los envases para colocar las 70 muestras para experimentación, se colocó 3 semillas en cada muestra, se añadieron fertilizantes básicos con nitrógeno, fosforo y potasio en forma de solución, los cuales se regaron hasta mantener una humedad adecuada, luego del crecimiento de las plántulas alcanzaron 10 cm, se pasarán a las macetas que contienen las enmiendas.



**Tabla 2.12.** *Sembrado de semilla en suelo contaminado con Cadmio de Huánuco.*

<p><b>Paso 1:</b> Se preparó los envases para colocar las 70 muestras para experimentación, se colocó 3 semillas en cada muestra, estas semillas se esterilizaron utilizando peróxido de hidrogeno(<math>H_2O_2</math>).30%, por 10 minutos.</p>	 
<p><b>Paso 2:</b> Se realizó el preparado de las enmiendas, para la agregar a nuestras macetas.</p>	 

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 2.5.10 Monitoreo.

**Tabla 2.13.** *Crecimiento de plántula de Lechuga*

<p><b>Paso 1:</b> Se esperó el desarrollo de la planta, para luego ser trasplantada a un envase de mayor tamaño (maceta de 10cm-15cm).</p>	
<p><b>Paso 2:</b> A continuación, el polvo obtenido se dosifico en dos proporciones as enmiendas en M1(10:90) y M2(50:50) , se preparó el suelo y se agregó 5% de enmienda al suelo contaminado.</p>	
<p><b>Paso 3:</b> Se esperó 45 días para lograr su desarrollo final y realizar los análisis para determinar la concentración de cadmio.</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

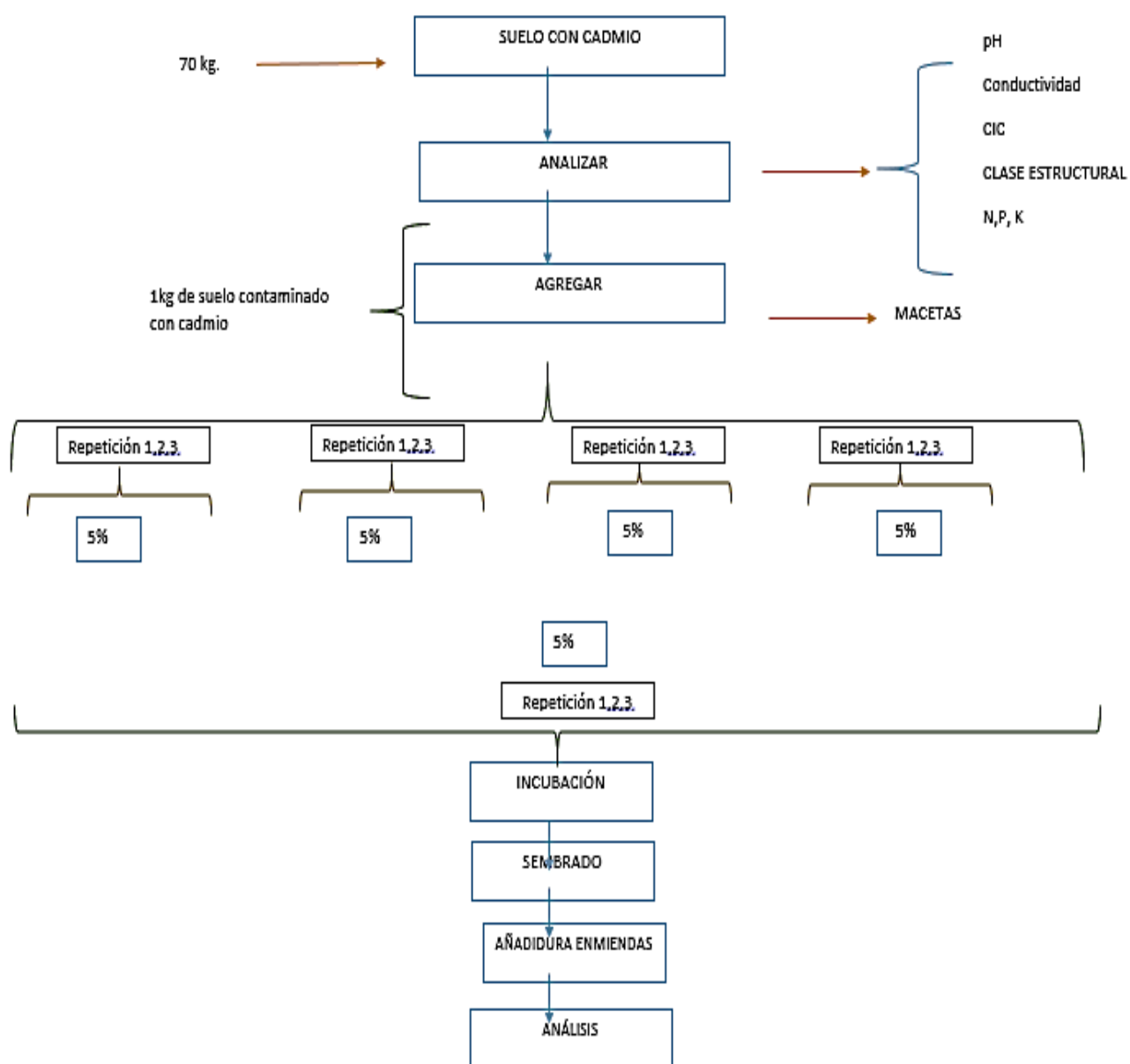


Figura 2.12. *Aplicación de tratamiento en cada maceta (%)*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cantidad de semillas utilizadas: 210

Fecha de plantación: 15 / 09 / 2019

Día de germinación: 09 / 09 / 2019

Cantidad de semillas germinadas: un tercio

Sistema utilizado: Plantado con algodón en vaso descartable y posterior trasplantado en maceta

Cuidados especiales: Abono casero con posos de té y agua de hervir las verduras.

Figura 2.13. *Datos iniciales de sembrado de lechuga*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 2.14.** *Recolección de datos (cm) por semana de Lechuga.*

Cod.	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 5	semana 6	semana 7	
	hoja (cm)	hoja (cm)	hoja (cm)	hoja (cm)	hoja (cm)	hoja (cm)	raíz(cm)	hoja (cm)
S1R1	3	4.5	6.6	9.2	13.6	14.6	15.6	18.4
S1R2	3.2	4.78	6.3	8.1	12.6	15.78	15	18
S1R3	2.2	4.15	6.3	8.8	13.46	14.7	16	15
S2R1	2.3	4.7	7.2	7.7	12.67	14.5	16.78	18.6
S2R2	2.2	3.67	71.9	9.5	11.56	14.9	15	17
S2R3	1.9	3.7	6.89	9.9	11.3	15.3	18.7	18
S3R1	1.89	4.9	7.3	7.3	11	14.6	17.9	18
S3R2	3.3	5.19	6.7	8.6	11.67	15.3	1.7	18.9
S3R3	2.8	5.1	6.8	7.3	12.56	15.3	13	17.9
S4R1	2.7	4.2	5.6	7.3	13.56	15.2	14.1	16
S4R2	2.5	4.89	7.6	9.2	13.34	14.78	16.4	16.78
S4R3	2.9	5.8	6.89	9.78	12.45	16.89	14	15
S5R1	3.3	4.9	6.2	9.7	13.45	17.3	14	18.7
S5R2	2.6	4.2	6.9	9.5	12	14.7	15	16.67
S5R3	3.3	5.1	6.89	8.9	12.1	15.8	15.78	16.7
S6R1	2.3	4.8	7.3	9.3	13.89	14.6	15.89	19.9
S6R2	2.2	5.7	6.7	8.6	14.54	14.6	16.65	19
S6R3	1.9	4.5	6.8	9.3	14.32	17.89	18.67	20.1
S7R1	1.89	5.9	5.6	9.3	14.33	17.33	16.7	20
S7R2	3.3	4.3	6.6	5.2	11.4	14.78	17.5	16.89
S7R3	2.7	3.6	5.89	9.78	12.4	15	17.8	18.8
S8R1	2.8	4.3	6.7	6.89	12.89	15.9	18	17.9
S8R2	2.6	4.3	6.9	7.3	13.3	14.3	19	19.2
S8R3	2.6	5.2	7.19	7.7	12.7	15.6	1.9	20.1
S9R1	2.89	3.78	7.1	8.8	12.8	14.3	19.3	15
S9R2	2.56	4.15	6.2	8.6	12.6	15.3	19.5	18.7
S9R3	2.8	4.7	6.89	7.6	12.6	15.2	19.3	16.67
S10R1	2.8	3.9	5.8	8.89	12.89	13.78	19.9	16.7
S10R2	2.76	3.7	6.9	9.2	14.56	14.15	20	16.7
S10R3	2.3	4.13	6.78	8.6	12.8	14.7	20.4	16.9

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.6 Métodos de análisis de datos

**Método “Kriging”:** Es un procedimiento geoestadístico que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores  $Z$ ; basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos; este método presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra refleja una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie.

Se utiliza a menudo en la ciencia del suelo y la geología.

La fórmula de Kriging

La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada de los datos:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

- donde:

$Z(s_i)$  = el valor medido en la ubicación n.º  $i$

$\lambda_i$  = un peso desconocido para el valor medido en la ubicación n.º  $i$

$s_0$  = la ubicación de la predicción

$N$  = el número de valores medidos

**ArcGIS:** Permite elaborar un mapa de ubicación de la zona de recolección de los suelos de nuestra zona de estudio.

**Método de la grilla:** Este plan de muestreo sistemático es muy usado en áreas planas y semi planas debido a su eficiencia. Las muestras serán tomadas a intervalos regulares de 100 metros, tanto en dirección Norte como Este (Y, X), dentro del polígono que delimita nuestra área de trabajo.

**ANOVA:** Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias

de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

## **2.7 Aspectos éticos**

Esta investigación se realizó con técnicas e instrumentos validados que sirven para lograr la obtención de resultados. Se respetará la propiedad intelectual de autores de los libros y artículos que hemos considerado dentro de investigación.

GUIA ESTUDIANTIL UCV (2019) indica que el turnitin es un programa que permite mejorar la autenticidad de la investigación y evaluar el aprendizaje del estudiante. El contenido evaluado permite que el docente haga una revisión práctica utilizando mayor base de datos comparativa. Finalmente, presenta un porcentaje de coincidencia de plagio. (p. 24)

### III. RESULTADOS

#### 1.1. Análisis de caracterización

Las características físicas y químicas del suelo fueron determinadas según los métodos y procedimientos que realizan en el laboratorio el suelo de la Universidad Agraria de la Molina.

##### Análisis de caracterización

Las características (físicas y químicas) se realizaron en el Laboratorio de la Universidad Nacional de La Molina.

Número de Muestras		Ph (1:1)	C.E. (1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %	
8324		5.23	0.57	0.00	2.27	9.8	246	26	31	43	Ar.

Cationes Cambiables						Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
CIC	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>			
meq/100g	meq/100g							
20.8	13	2.73	0.53	0.14	0.10	16.51	16.41	79

Fuente: UNALM, 2019.

El suelo tiene la clase textual arcilloso, un contenido de Arcilla (26%), pH fuertemente ácido (5,25%) con nivel de p(9.8%ppm), un contenido de material orgánica de (2.2%), alto nivel de K (246).

#### 2.8 Análisis del valor medio representativo para el suelo sin enmienda (TG) y los suelos con enmienda (M1, M2)

Se realizaron boxplots para verificar las diferencias en las concentraciones por tipo de suelo, con lo cual se verifica que las plantas se sembraron en tierra pura en conjunto muestras un valor promedio mas alto, seguido de la tierra con enmienda M1 como un valor promedio menor inmediato, y como valor mas bajo la tierra con enmienda M2 con el valor menor en cada caso. Tanto para los 45 días y para los 25 días en los ue se han tomado medidas en serie de tiempo, como se muestra en los graficos.

## 2.9 Análisis de datos medidos en la planta a los 45 DIAS Cd

Se realizan 3 cuadros comparativos entre el suelo Testigo (TG) y los suelos con enmiendas M1 y M2, los cuales representan las comparaciones internas de cada una de las 3 repeticiones realizadas, dentro de cada cuadro se muestran 3 gráficos de cajas sobre los cuales de muestra el valor medio representativo de los valores de cadmio medidos en la planta para los grupos de testigos y las enmiendas M1 y M2, notándose a simple vista una disminución en los valores de cadmio que la planta absorbió; comparando M1 y M2 notamos una mayor disminución en M2 para las 3 repeticiones, y una disminución significativa de las enmiendas M1 y M2 frente a TG.

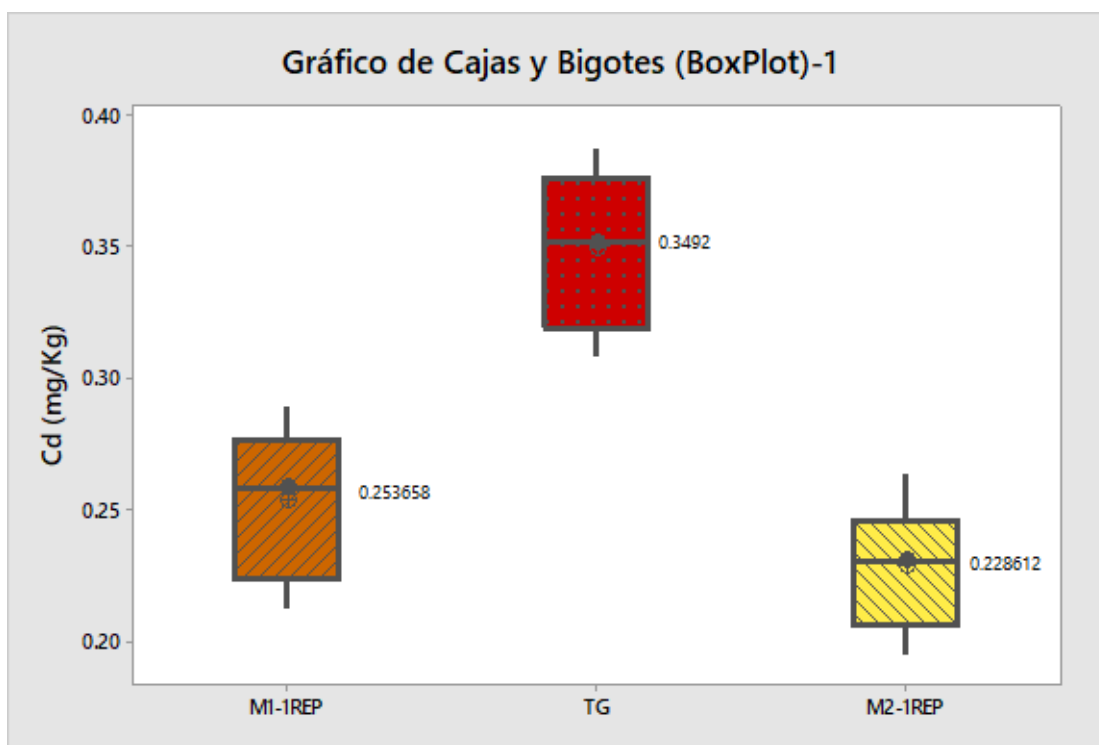


Figura 3.1. Comparación de tratamiento respecto primera repetición.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



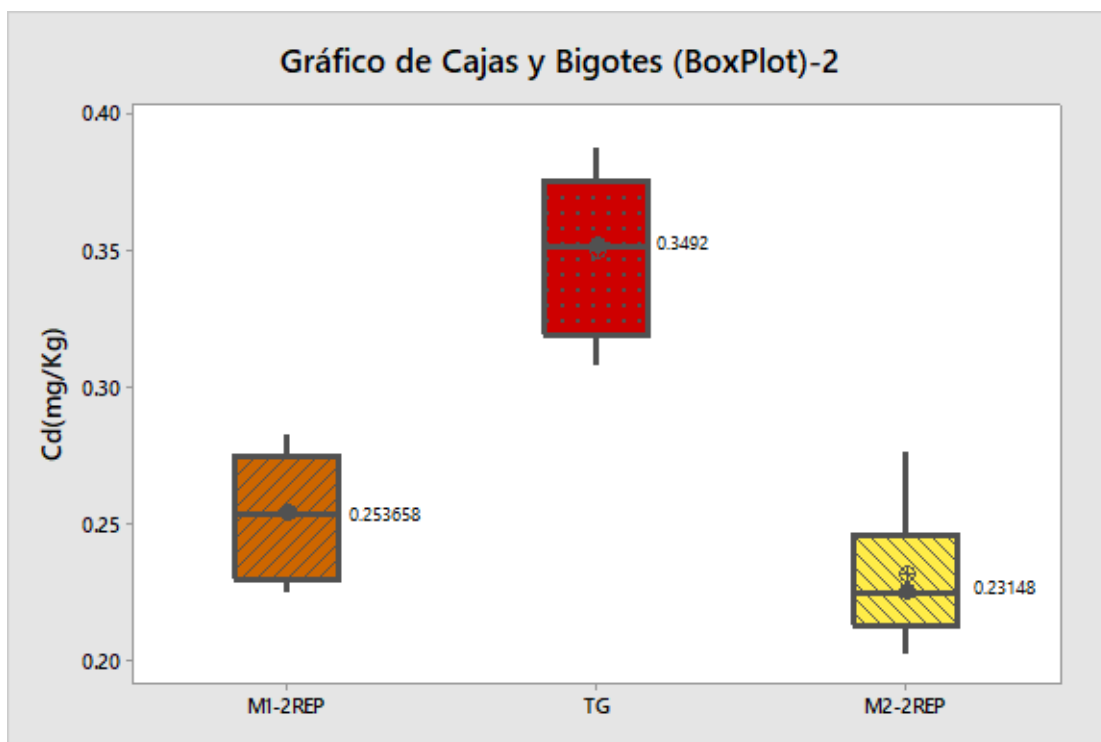


Figura 3.2. Comparación de tratamiento respecto segunda repetición.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

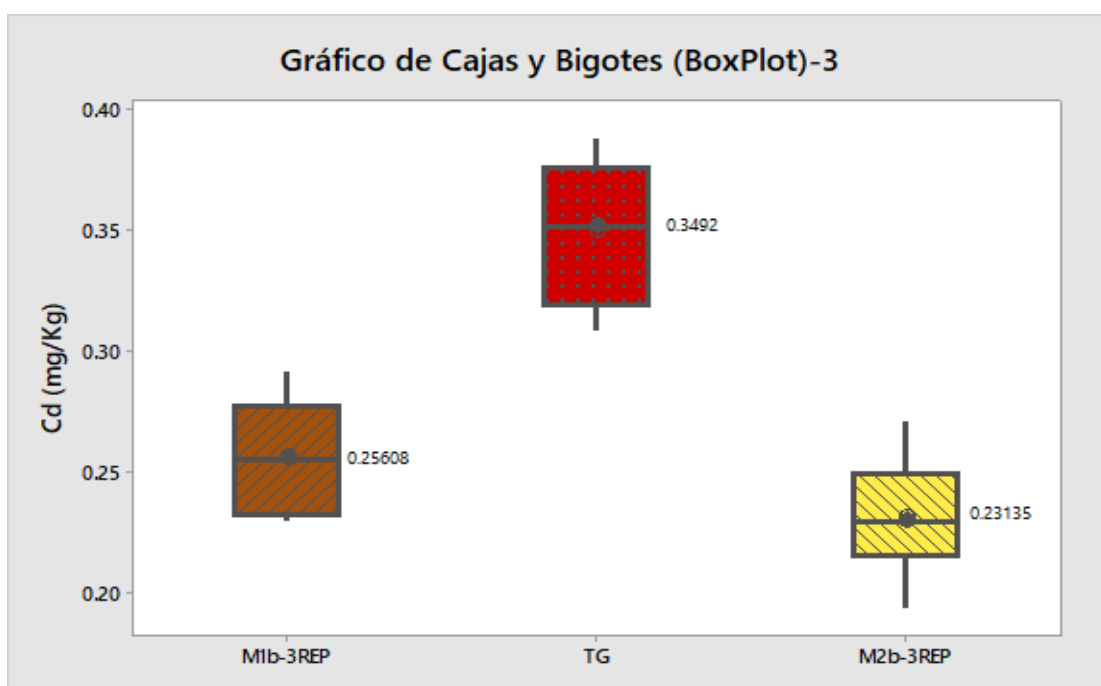


Figura 3.3. Comparación de tratamiento respecto tercera repetición.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para demostrar la validez de los datos obtenidos realizaremos la prueba **ANOVA** para comparar diferencias entre tratamientos.

### Pasos para realizar la prueba de hipótesis DCA

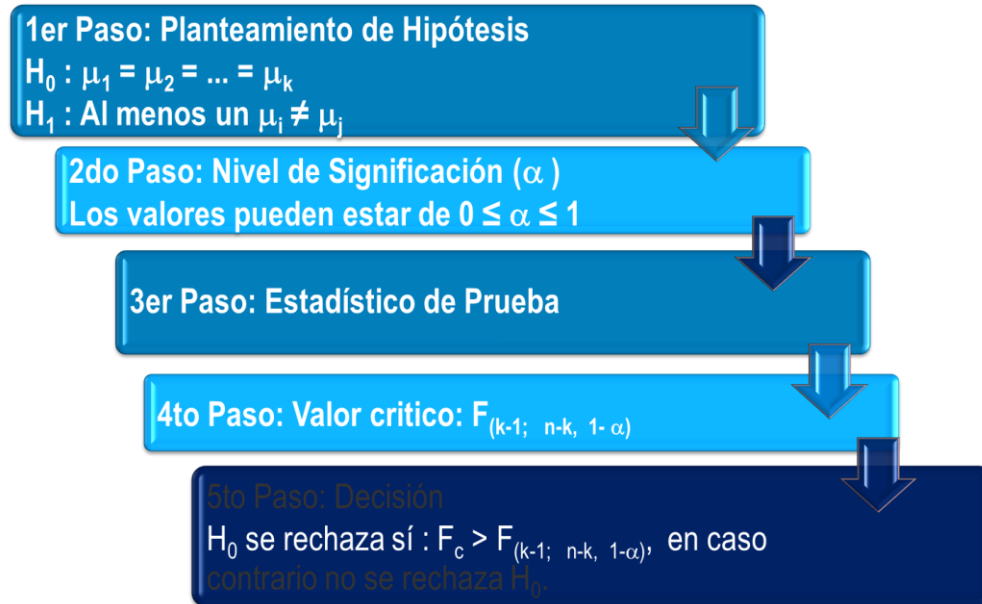


Figura 3.4. *Pasos para realizar la prueba de hipótesis DCA*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para poder plantear este proceso debemos asegurar los principios de los errores se distribuyan normalmente y se cumpla la homocedasticidad (igual varianza) de errores. En caso no se cumpla debemos aplicar otros criterios como los del campo no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis para medianas como una propuesta alternativa).

Nuestra:

$H_0$ : No existe diferencia en los valores promedio de cadmio para los tratamientos empleados en el estudio.

$H_1$  : Existe diferencia en los valores promedio de cadmio para los tratamientos empleados en el estudio.

### 2.9.1 Primera repetición

Primero lo realizamos para:

**Tabla 3.1.** *Media de datos de la primera repetición.*

		<b>M1</b>	<b>M2</b>
<b>Código de muestra</b>	<b>TG</b>	<b>M1-1REP</b>	<b>M2-1REP</b>
S1	0.387	0.289	0.253
S2	0.338	0.255	0.241
S3	0.380	0.268	0.244
S4	0.308	0.213	0.195
S5	0.345	0.263	0.228
S6	0.358	0.252	0.222
S7	0.374	0.282	0.264
S8	0.309	0.214	0.197
S9	0.371	0.274	0.233
S10	0.322	0.227	0.210

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la segunda corrida a 45 días, deseando saber si existe diferencias significativas entre el valor promedio de Cd en los tratamientos realizados.

El tratamiento 1 equivale a M1-1REP y el 2 equivale a M2-1REP

**Tabla 3.2.** *Media de datos de la primera repetición y la segunda.*

<b>Subscripts</b>	<b>Cd Tratamiento</b>	<b>RESI</b>
M1-1REP 0.289	1	0.0350441
M1-1REP 0.255	1	0.0008561
M1-1REP 0.268	1	0.0142421
M1-1REP 0.213	1	-0.0411379
M1-1REP 0.263	1	0.0088871

M1-1REP 0.252	1	-0.0012679
M1-1REP 0.282	1	0.0287121
M1-1REP 0.214	1	-0.0395209
M1-1REP 0.274	1	0.0205111
M1-1REP 0.227	1	-0.0263259
M2-1REP 0.253	2	0.0244862
M2-1REP 0.241	2	0.0127202
M2-1REP 0.244	2	0.0149682
M2-1REP 0.195	2	-0.0336478
M2-1REP 0.228	2	-0.0005668
M2-1REP 0.222	2	-0.0070098
M2-1REP 0.264	2	0.0350582
M2-1REP 0.197	2	-0.0320878
M2-1REP 0.233	2	0.0047472
M2-1REP 0.210	2	-0.0186678

Fuente: Elaboración propia, 2019.

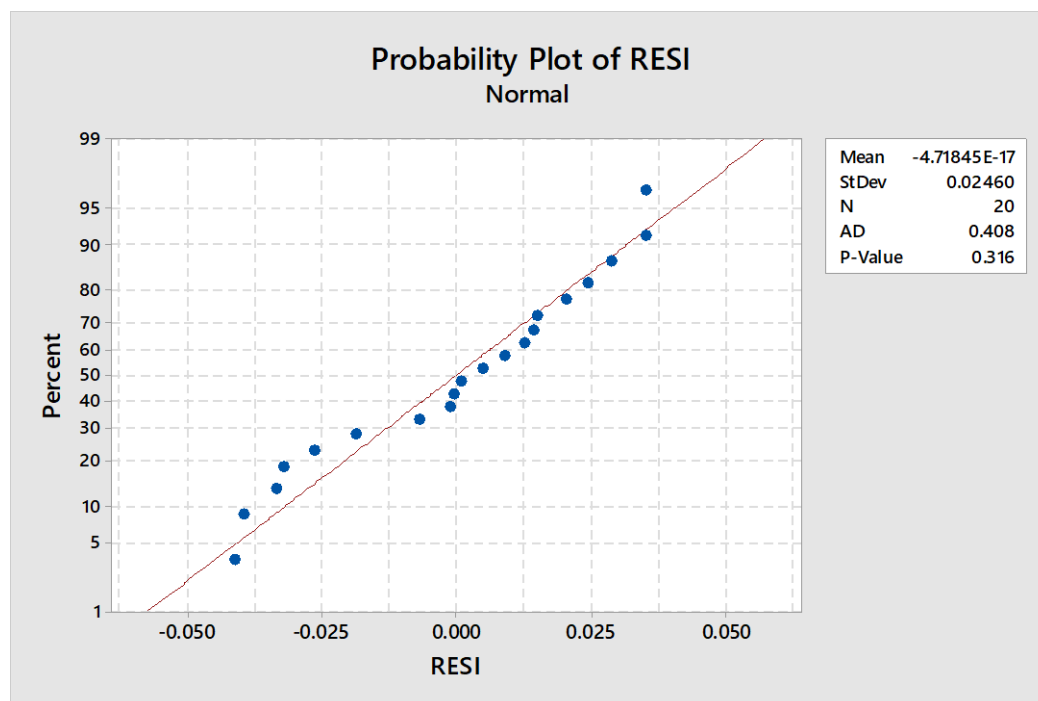


Figura 3.5. *Prueba de normalidad*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del gráfico anterior tenemos que se constata que los errores siguen una distribución normal ( $p\text{-valor} = 0.316 > 0.05$ . Entonces no se rechaza  $H_0$ : los errores no tienen distribución diferente a la normal).

**ANOVA:** Una vez validado los supuestos de normalidad de los errores y homocedasticidad de varianzas se procede a contrastar las medias poblacionales.

### Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\text{Alfa} = \alpha = 0.05$$

Tabla 3.3. Cuadro de análisis de varianza.

Fuente	GL	SC ajust	CM ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento	1	0.003137	0.003137	4.91	0.04
Error	18	0.011501	0.000639		
Total	19	0.014638			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Estadístico de Prueba

$$F = 4.91$$

### Decisión

**$p\text{-valor} = 0.040 < 0.05$ . Entonces se rechaza  $H_0$**

### Conclusión

**Es decir, existe diferencia entre los valores promedio entre el tratamiento 1 y el tratamiento 2.**

Finalmente probaremos cual de las medias es diferente es decir mayor o menor usando el método de Turkey.

Comparaciones para Cd

Comparaciones de Tukey Pairwise: Tratamiento

Agrupación de la información utilizando el método Tukey y una confianza del 95%.

**Tabla 3.4.** *Cuadro de Tukey.*

Tratamiento	N Datos	Valor medio	Grupo
1	10	<b>0.253658</b>	M1
2	10	<b>0.228612</b>	M2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

*Los valores medios de los grupos son significativamente diferentes*

**Con lo cual concluimos que el tratamiento 2 posee menor valor en promedio al 95% de confianza.**

Además, tenemos que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2536 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1, respectivamente se tiene que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2286 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2, aplicando la fórmula de eficiencia de la inmovilización.

Sabemos que la absorción está dada por  $\frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}$

Por lo tanto según:  $(1 - \frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}) * 100\%$ , se halla la retención

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1, Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2536}{0.3492}) * 100\% = 27.37\%$

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2, Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2286}{0.3492}) * 100\% = 34.53\%$

### 2.9.2 Segunda Repetición

Análogamente para el tratamiento de segunda repetición, para la comparación entre M1-2REP y M2-2REP.

Tenemos

**Tabla 3.5.** *Análisis de la varianza*

Fuente	GL	SC ajust	CM ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento_1	1	0.002459	0.002459	4.52	0.048
Error	18	0.009803	0.000545		
Total	19	0.012262			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### Decisión

**p-valor = 0.048 < 0.05. Entonces se rechaza  $H_0$**

#### Conclusión

**Es decir, existe diferencia entre los valores promedio entre el tratamiento M1-2REP y el tratamiento M2-2REP.**

Probaremos cuál de las medias es diferente es decir mayor o menor usando el método de Turkey.

Comparaciones para Cd\_1

Comparaciones de Tukey Pairwise: Tratamiento\_1

Agrupación de la información utilizando el método Tukey y una confianza del 95%.

**Tabla 3.6. Cuadro de Tukey.**

Tratamiento_1	N Datos	Valor medio	Grupo
1	10	<b>0.253658</b>	M1-2REP
2	10	<b>0.23148</b>	M2-2REP

Fuente: Elaboración propia, 2019.

*Los valores medios de los grupos son significativamente diferentes.*

**Con lo cual concluimos que el tratamiento 2 posee menor valor en promedio al 95% de confianza.**

Además, tenemos que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2536 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-2REP, respectivamente se tiene que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2315 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-2REP

Sabemos que la absorción está dada por  $\frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}$

Por lo tanto según:  $(1 - \frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}) * 100\%$ , se halla la retención

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda **M1-2REP**,

Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2536}{0.3492}) * 100\% = 27.37\%$

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda **M2-2REP**,

Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2315}{0.3492}) * 100\% = 33.70\%$

### **2.9.3 tercera repetición**

Similar para el tratamiento de tercera repetición, para la comparación M1b-3REP y M2b-3REP.

Tenemos:



**Tabla 3.7.** *Análisis de varianza*

Fuente	GL	SC ajust	CM ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento_2	1	0.003058	0.003058	5.53	0.03
Error	18	0.009952	0.000553		
Total	19	0.01301			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Decisión

p-valor = 0.030 < 0.050. Entonces se rechaza  $H_0$

**Conclusión**

**Es decir, existe diferencia entre los valores promedio entre el tratamiento M1-3REP y el tratamiento M2-3REP.**

\*\*Probaremos cuál de las medias es diferente es decir mayor o menor usando el método de Turkey.

Comparaciones para Cd\_2

Comparaciones de Tukey Pairwise: Tratamiento\_2

Agrupación de la información utilizando el método Tukey y una confianza del 95%.

**Tabla 3.8.** *Cuadro de Tukey.*

Tratamiento_2	N Datos	Valor medio	Grupo
1	10	<b>0.25608</b>	M1-3REP
2	10	<b>0.23135</b>	M2-3REP

Fuente: Elaboración propia, 2019.

*Los valores medios de los grupos son significativamente diferentes.*

**Con lo cual concluimos que el tratamiento M2-3REP posee menor valor en promedio al 95% de confianza.**

Además, tenemos que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2560 (mg/Kg)

en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-3REP, respectivamente se tiene que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2313 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-3REP

Sabemos que la absorción está dada por  $\frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}$

Por lo tanto según:  $(1 - \frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}) * 100\%$ , se halla la retención

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-3REP, Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2560}{0.3492}) * 100\% = 26.68\%$

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-3REP, Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2313}{0.3492}) * 100\% = 33.76\%$

**Tabla 3.9. Resumen de tratamientos**

Repeticiones	M1 ( %)	M2 (%)
R1	27.37	34.53
R2	27.37	33.70
R3	26.68	33.76

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se realizaron boxplots para verificar las diferencias en las concentraciones por tipo de tierra, con lo cual se verifica que las plantas que se sembraron en tierra pura en conjunto muestran un valor promedio más alto, seguido de la tierra con enmienda M1 como un valor promedio menor inmediato, y como valor más bajo la tierra con enmienda M2 con el valor menor en cada caso. Tanto para los 45 días y para los 25 días en los que se han tomado medidas en serie de tiempo, como se muestra en los gráficos.

## 2.10 Análisis de datos medidos en la planta a los 25 DIAS Cd

Análogamente se trataron los datos de la misma forma que a los 45 días. Obteniéndose las mismas tendencias.

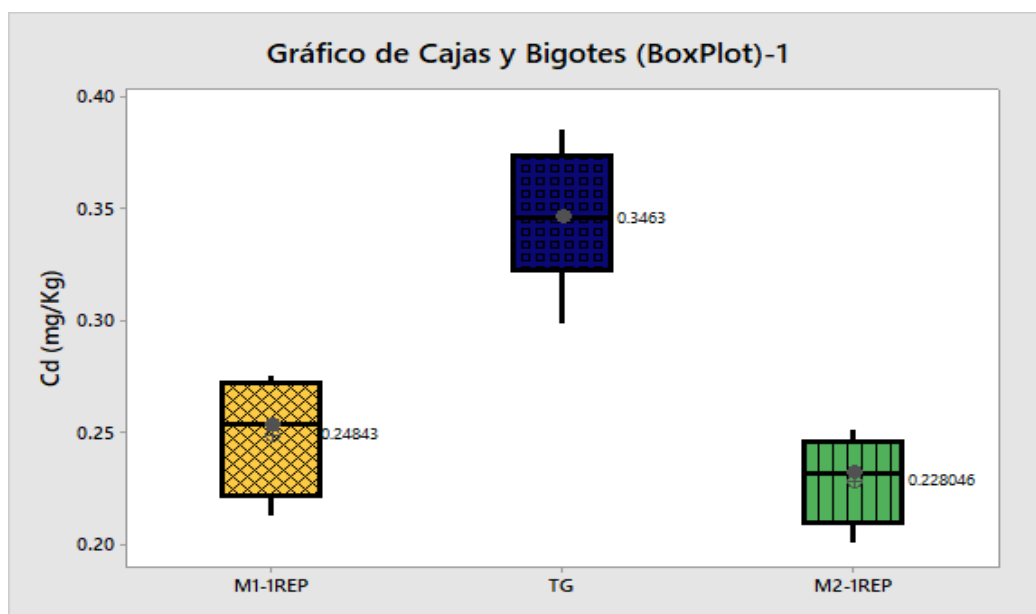


Figura 3.6. Comparación de tratamiento respecto primera repetición.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

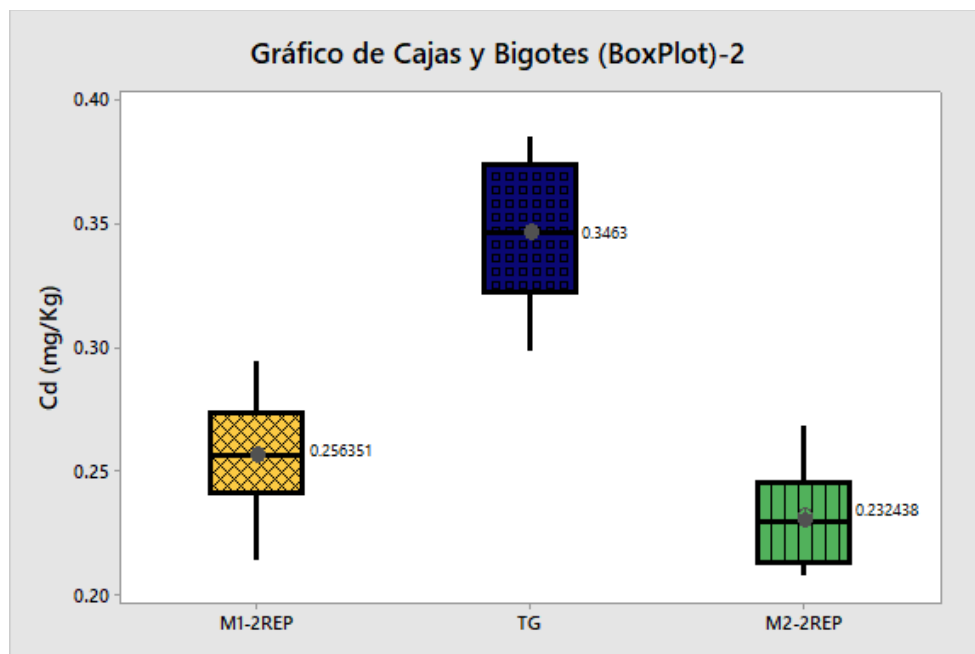


Figura 3.7. Comparación de tratamiento respecto segunda repetición

Fuente: Elaboración propia, 2019.

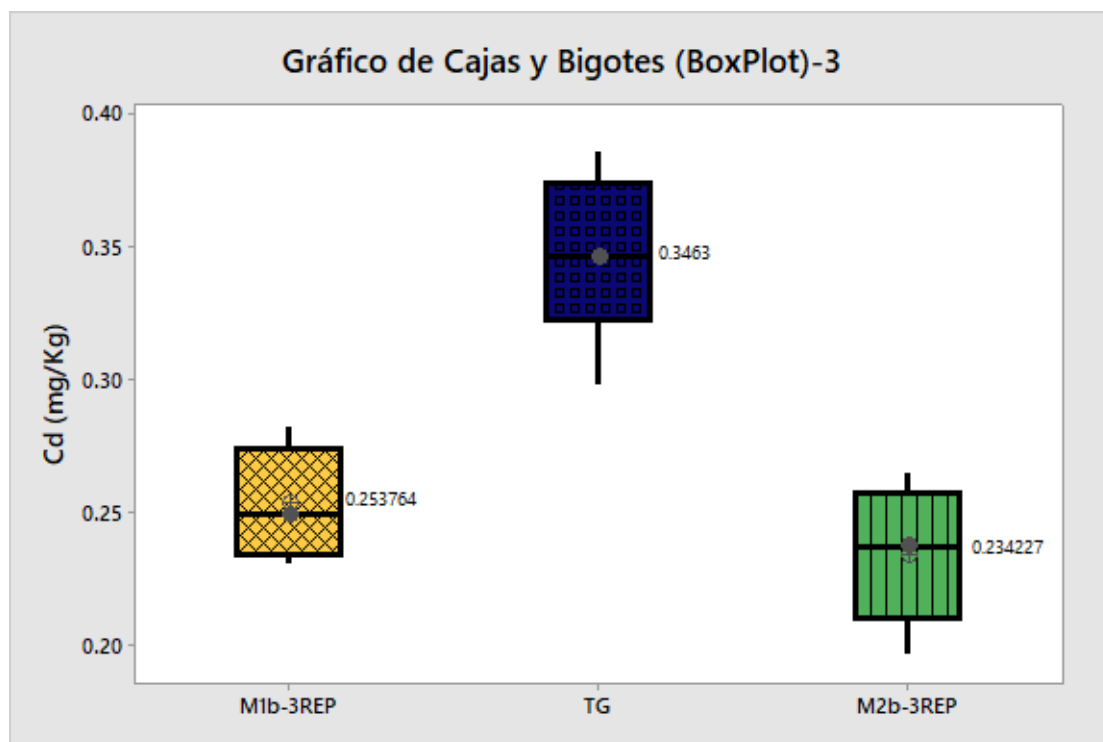


Figura 3.8. Comparación de tratamiento respecto tercera repetición.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el tratamiento a 25 días tenemos:

### 2.10.1 Primera repetición

Para la comparación entre M1-1REP y M2-1REP:

En el proceso de comprobar la normalidad de errores para que se cumplan los supuestos ( $p\text{-valor} = 0.045 < 0.050$ , es decir se acepta  $H_0$ : los errores no tienen distribución diferente a la norma) por tanto no se continúa con el análisis para esta comparación.

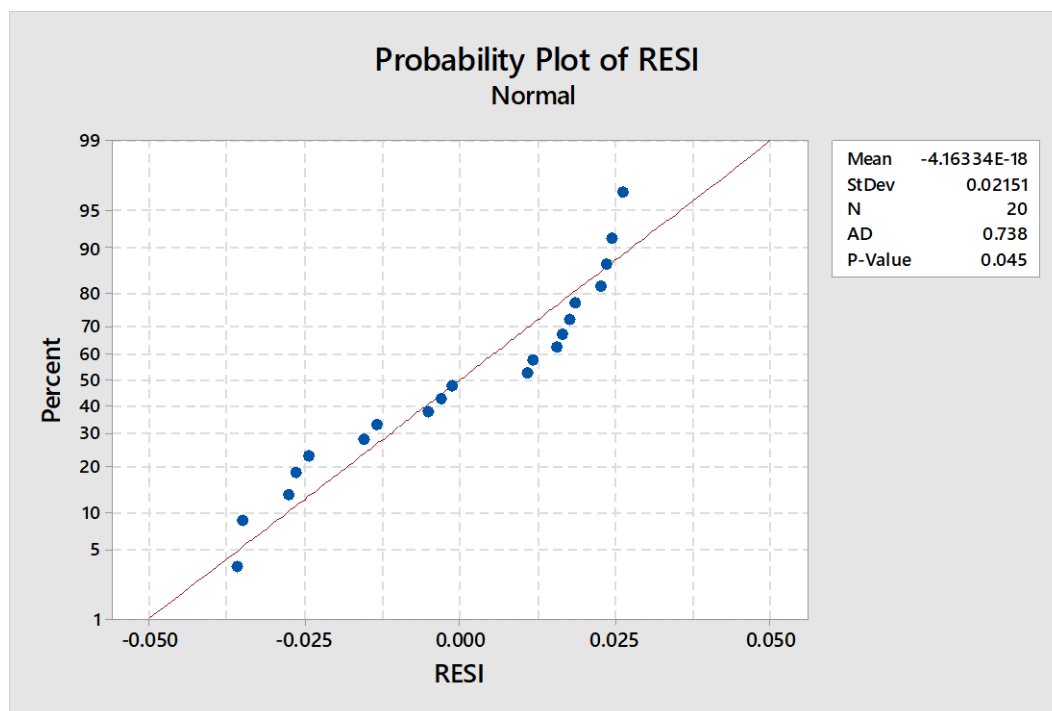


Figura 3.9. Prueba de normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.10.2 Segunda repetición

para la comparación entre M1-2REP y M2-2REP:

**Tabla 3.10.** Análisis de la varianza

Fuente	GL	SC ajust	CM ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento_02	1	0.002859	0.002859	6.37	0.021
Error	18	0.008073	0.000449		
Total	19	0.010932			

Fuente: Elaboración propia, 2019

### Decision

**p-valor = 0.021 < 0.050. Entonces se rechaza  $H_0$**

## Conclusión

Es decir, existe diferencia entre los valores promedio entre el tratamiento M1-2REP y el tratamiento M2-2REP.

Turkey.

Comparaciones para Cd<sub>2</sub>

Comparaciones de Tukey Pairwise: Tratamiento<sub>2</sub>

Agrupación de la información utilizando el método Tukey y una confianza del 95%.

**Tabla 3.11.** Cuadro de Tukey.

Tratamiento_02	N Datos	Valor medio	Grupo
1	10	<b>0.256351</b>	M1-2REP
2	10	<b>0.232438</b>	M2-2REP

Fuente: Elaboración propia, 2019

*Los valores medios de los grupos son significativamente diferentes*

**Con lo cual concluimos que el tratamiento M2-2REP posee menor valor en promedio al 95% de confianza.**

Además, tenemos que los valores de absorción disminuyen de 0.3463 a 0.2563 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-2REP, respectivamente se tiene que los valores de absorción disminuyen de 0.3492 a 0.2324 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-2REP

Sabemos que que la absorción está dada por  $\frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}$

Por lo tanto según:  $(1 - \frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}) * 100\%$ , se halla la retención

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-2REP, Tenemos que la retención es:  $(1 - \frac{0.2563}{0.3463}) * 100\% = 25.98\%$

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-2REP,

Tenemos que la retencion es:  $\left(1 - \frac{0.2324}{0.3463}\right) * 100\% = 32.89\%$

### 2.10.3 Tercera repetición

Para la comparación entre M1-3REP y M2-3REP:

**Tabla 3.12.** *Analisis de la varianza*

Fuente	GL	SC ajust	CM ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento_03	1	0.001908	0.001908	3.96	0.062
Error	18	0.00868	0.000482		
Total	19	0.010588			

Fuente: Elaboración propia, 2019

### Decision

**p-valor = 0.062 > 0.050. Entonces no se rechaza  $H_0$**

### Conclusión

**Es decir, no existe diferencia entre los valores promedio entre el tratamiento M1-3REP y el tratamiento M2-3REP.**

**Para corroborar usamos Turkey.**

Turkey.

Comparaciones para Cd\_3

Comparaciones de Tukey Pairwise: Tratamiento\_3

Agrupación de la información utilizando el método Tukey y una confianza del 95%.

**Tabla 3.13.** *Cuadro de Tukey.*

Tratamiento_03	N Datos	Valor medio	Grupo
1	10	<b>0.253764</b>	M1-3REP
2	10	<b>0.234227</b>	M2-3REP

Fuente: Elaboración propia, 2019

*Los valores medios de los grupos son significativamente diferentes*

Con lo cual concluimos que el tratamiento M2-3REP posee menor valor en promedio al 95% de confianza.

Además, tenemos que los valores de absorción disminuyen de 0.3463 a 0.2537 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-3REP, respectivamente se tiene que los valores de absorción disminuyen de 0.3463 a 0.2342 (mg/Kg) en: suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-3REP

Sabemos que la absorción está dada por  $\frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}$

Por lo tanto según:  $\left(1 - \frac{\text{suelo con enmienda}}{\text{suelo sin enmienda}}\right) * 100\%$ , se halla la retención

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M1-3REP, Tenemos que la retención es:  $\left(1 - \frac{0.2537}{0.3463}\right) * 100\% = 26.73\%$

según los datos notados para suelo sin enmienda vs suelo con enmienda M2-3REP, Tenemos que la retención es:  $\left(1 - \frac{0.2342}{0.3463}\right) * 100\% = 32.37\%$

## 2.11 pH medido en suelo luego de agregar Cantidad de enmienda M1, M2 a los 45 días y a los 25

### 2.11.1 Valor medio de las mediciones de pH en las 3 repeticiones a los 45 días

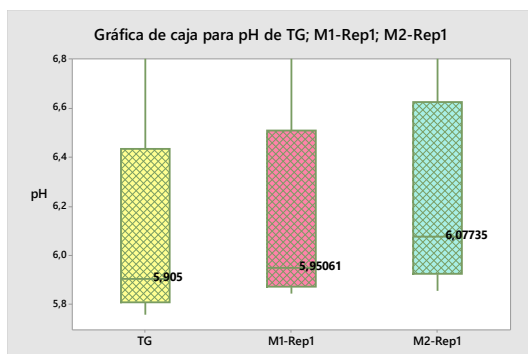


Figura 3.10. pH de la primera repetición

Fuente: Elaboración propia, 2019

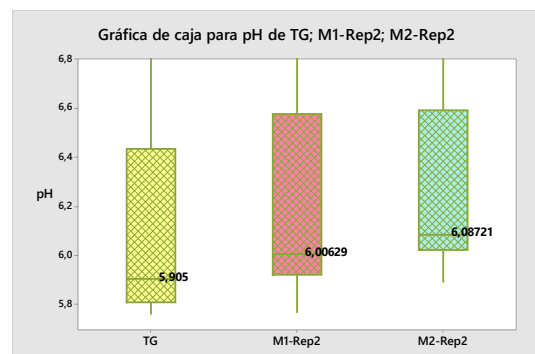


Figura 3.11. pH de la segunda repetición

Fuente: Elaboración propia, 2019.



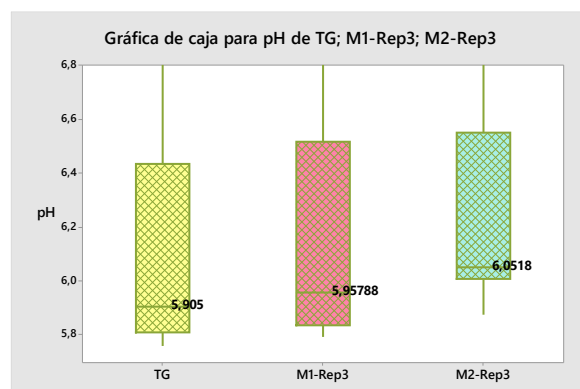


Figura 3.12. *pH de la segunda repetición*

Fuente: Elaboración propia, 2019

## 2.11.2 Valor medio de las mediciones de pH en las 3 repeticiones a los 25 días.

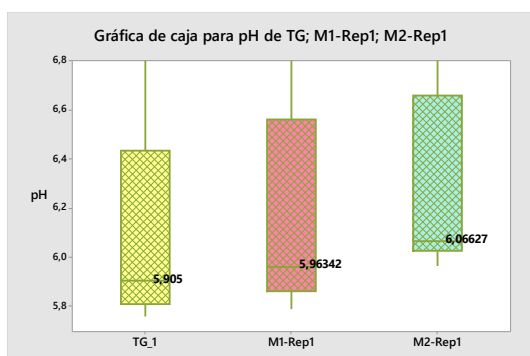


Figura 3.13. *pH de la primera repetición*

Fuente: Elaboración propia, 2019

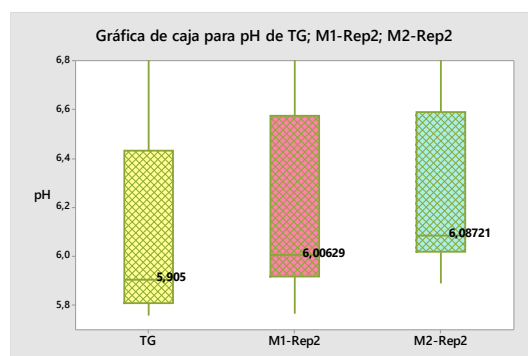


Figura 3.14. *pH de la segunda repetición*

Fuente: Elaboración propia, 2019

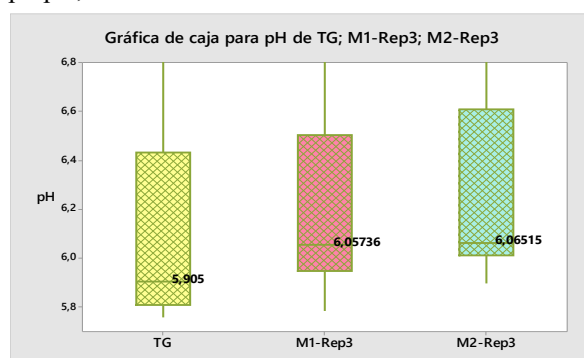


Figura 3.15. *pH de la segunda repetición*

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se puede notar en todos los casos un ligero aumento del pH en los suelos con enmienda respecto al suelo sin enmienda, lo cual es esperado ya que el contenido de OH en la composición de las arcillas alcaliniza el suelo, elevando el valor del pH.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Este trabajo de investigación los resultados que se obtuvieron en el periodo de 25 días y 45 días en nuestros resultados iniciando con los resultados del análisis fisicoquímicos in situ en el Fundo Cristiana, se encontró concentraciones de cadmio en los 10 puntos de muestreo los cuales exceden la Norma Vigente D.S. N° 011-2017-MINAM que aprueban el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, nos indica que debería tener una concentración en el caso de suelo agrícolas de 1.4 mg/kg de cadmio por lo que la concentración en dicho lugar excedía dicho parámetro.

La inmovilización del cadmio se dio por medio de enmiendas compuestas por la arcilla Montmorillonita más carbonilla ósea a través de dos tratamientos M1 – M2 en diversas proporciones para lograr la eficiencia en la inmovilización de dicho metal , logrando mayor efectividad con el segundo tratamiento (M2) consiguiendo un 34.53% de eficiencia .Asimismo mediante el monitoreo de pH no se observó una variabilidad significativa , tal como lo señala (Lothenbach & Gerhard, Immobilization of cadmium and zinc in soil by Al-montmorillonite and gravel sludge, 2005), quien evaluó la eficacia la arcilla montmorillonita en la remediación de suelos contaminados con cadmio y consiguieron a través de su método experimental un 32.3% de eficiencia.

## V. CONCLUSIONES

Tras la evaluación de los resultados se concluye que:

- Se determinó que la proporción óptima para la inmovilización del cadmio en el suelo contaminado del Fundo Cristina de los dos tratamientos presentados (M1-M2), se logró comprobar que la enmienda M2 (50:50), fue la más óptima para lograr la inmovilización.
- Se analizó el efecto del pH del suelo durante el proceso de inmovilización del cadmio durante el periodo de tratamiento, concluyendo que no existe diferencia significativa según la prueba de ANOVA, ya que el rango de diferencia es de 1.44 entre los datos pH obtenidos.
- Se evaluó la eficiencia de las enmiendas (arcilla y carbonilla ósea), en la inmovilización del cadmio en el suelo para ambos tratamientos, se concluye que para el tratamiento M2(50:50), se tuvo mejores resultados en 34.53% de eficiencia.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se debe considerar una alternativa medioambiental para tratamiento de suelos con condiciones similares.
- Se puede optar por otro tipo de enmiendas con minerales arcillosos, que sean accesibles para suelos con metales pesados.
- Realizar pruebas con otros residuos óseos para determinar su eficiencia en la remediación con otros metales pesados, que puedan alterar los suelos agrícolas y generar a largo plazo enfermedad a la salud.
- Se recomienda el aprovechamiento de estas enmiendas por su bajo costo económico y fácil acceso a la población.

## REFERENCIAS

- ABAD, Y. E. (2018). Aplicación de cascara de huevo en el suelo ácido de atalaya para incrementar la producción de Zea mays, 2018. Lima, Lima, Lima: repositorio ucgv.
- ADM. (2018). *Calibración y procedimientos de uso de equipos*.
- ADRIANO, D., WENZEL, W., VANGRONSVELD, J., & BOLAN, N. (2004). Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. *Geoderma*, 121-142.
- AGUERO, V. (2011). *Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la cosecha hasta el consumidor*.
- AGUERO, V. (2011). *Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la cosecha hasta el consumidor*.
- AGUIRRE, M. A. (2016). *Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero*. Lima.
- AGUIRRE, M. A. (2016). *Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1949>
- AIKPOKPODION, P., LAJIDE, L., & AIYESANMI, A. (2012). In Situ Remediation Activities of ROCK Phosphate In Heavy-Metal, Contaminated Cocoa Plantation Soil In Owena, South Western, Nigeria. *Journal of applied Biosciences*, 51-57. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/3625/decc9ba75255f2c3d4ab2cb5317f63de02f7.pdf>
- AIKPOKPODION, P., LAJIDE, L., & AIYESANMI, A. (2012). In Situ Remediation Activities of Rock Phosphate In Heavy-Metal, Contaminated Cocoa Plantation Soil In Owena, South Western, Nigeria. *Journal of applied Biosciences*, 51-57. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/3625/decc9ba75255f2c3d4ab2cb5317f63de02f7.pdf>
- ARÉVALO Gardini, E., OBANDO Cerpa, M., ZUÑIGA Cernades, L., ARÉVALO Hernández, C., Baligar, V., & He, Z. (2016, 07). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 12. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>

ARÉVALO, E., OBANDO, M., ZUÑIGA, L., ARÉVALO z, C., BALIGAR, V., & HE, Z. (2016). . Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15.

ÁVILA Baray, H. L. (2006). Introducción a la Metodología de La Investigación. Metodología. Obtenido de [www.ecumed.net/libros/2006c/203/](http://www.ecumed.net/libros/2006c/203/)

ÁVILA, H. L. (2006). Introducción a la Metodología de La Investigación. Metodología. Obtenido de [www.ecumed.net/libros/2006c/203/](http://www.ecumed.net/libros/2006c/203/)

BARCELONATECH, U. P. (2019). Hoja de Seguridad de equipos-Mufla.

BARRETA Rivera, S. (diciembre de 2013). Guía metodológicas para el muestreo y Detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes almendras de cacao y productos derivados. Lima, Lima, Peu.

BARRUETA Rivera, S. (2013). *Guía metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelo, agua, fertilizantes , almendras de cacao y productos derivados*. lima. Obtenido de [https://issuu.com/riicchperu/docs/guia\\_metodologica\\_muestreo](https://issuu.com/riicchperu/docs/guia_metodologica_muestreo)

BEESLAY, L., MORENO, E., & GOMEZ, J. (2010). Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi element polluted soil. *Environmental Pollution*, 15.

BEESLAY, L., MORENO, E., & GOMEZ, J. (2010). Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environmental Pollution*, 15.

BIANA, R., CHENA, D., LIUA, X., CUIA, L., LIA, L., & PANA., G. (2013). Biochar soil amendment as a solution to prevent Cd-tainted rice from. *Ecological Engineering*, 14. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857413002826?via%3Dihub>

BOLAN, N. S., ADRIANO, D., & NAIDU, R. (2003). Role of phosphorus immobilization and bioavailability of heavy metals in the soil plant system. *Environ. Contam. Toxicol*, 1-44.

BOLAN, N., ADRIANO, D., KUNHIKRISHNAN, A., JAMES, T., I., M. R., & SENESI,

N. (2011). Dissolved organic carbon: biogeochemistry, dynamics and environmental. *Adv. Agron*, 1-75.

BOLAN, N., ADRIANO, D., MANI, P., DURASAMY, A., & ARULMOZHISELVAN, S. (2003). Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. Effect of phosphate addition. *Plant Soil*, 1418-1426.

BONOMELLI, C., BONILLA, C., & VALENZUELA, A. (2003, julio 17). *Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile*. Retrieved 05 17, 2019, from scielo: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n10/18299.pdf>

CAO, X. W., MA, L., LI, B., & YANG, Y. (2009). Inmovilización de suelos incontaminados de Zn, Cu y Pb utilizando roca fosfórica y ácido fosfórico. *J. Hazard.*, 164.

CARRILLO, M. D., DE FREITAS, R. C., FERNANDES, R. B., FONTES, M. P., & JORDAO, C. P. (2013). Sorption of cadmium in some soil amendments for in situ recovery of contaminated soils. *Water Air Soil Pollut.*, 1418-1426.

CARRILLO, Z., DE FREITAS, R., FERNANDEZ, FONTES, & JORDAO. (2013). Sorption of Cadmium in Some Soil Amendments for In Situ. *Water Air Soil Pollut*, 9.

CASTELLS, X. y. (2012). La Pirólisis. En *Tratamiento y Valorización energética de residuos* (pág. 88). Madrid: Ediciones Díaz.

CHEN, D. M., & FU, Y. F. (2001). Evaluation on the mechanical properties of the solid solution of strontium. *Chinese Journal of Stomach Materials Apparatus*, 178 - 183.

CHEN, s., ZHU, Y., & Y.B., M. (2006). Efecto de la biodisponibilidad en Pb en un suelo contaminado con Pb. *Contaminacion del medio ambiente*, 10. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16095783>

CHEUNG, C. W., CHAN, C. K., PORTER, J. F., & MCKAY, G. (2001). Combined Diffusion Model for the Sorption of Cadmium, Copper, and Zinc Ions onto Bone Char. *Environmental Science & Technology.*, 1511–1522. doi:doi:10.1021/es0012725

CLAUDIA, B., BONILLA, C., & VALENZUELA, A. (2013). *Biomarkes of exposure for assessing environmeal pollution*. *Rev. Int. Contam. Ambie.*

CUI, Y., WANG, Q., DONG, Y., LI, H., & CHRISTIE., P. (2004). Enhanced uptake of soil Pb and Zn by Indian mustard and winter wheat following combined soil application of elemental sulphur and EDTA. *Plant and Soil*, 181-188.

DANA, Z., MORSHEDIZAD, M., & PETER, L. (2016). Effect of bone chars on phosphorus-cadmium-interactions as evaluated. *Journal of plant nutrition and soil science*, 388–398.

DIGESA. (2008). Evaluación de Muestras de Agua del Río Rímac Y Principales Afluentes con Datos de DIGESA Y Sedapal .

DUFFUS, J. H. (2002). Heavy metal a meaningless term. (P. A. Chemistry, Ed.)

DUFFUS, J. H. (2002). Heavy metals a meaningless term. *Pure Applied Chemistry*.

EXPONENT, & Batelle. (2002). *Guide for Incorporating Bioavailability Adjustments into Human Health and Ecological Risk Assessments at U. S. Navy and Marine Corps Facilities*. Obtenido de Servicio Geológico de Brasil: <http://www.cprm.gov.br/publique/?tpl=home>

F.H. Sun, Q. Z. (2001). Pollution Ecology,. *Science Press*.

FAO. (2015, diciembre 11). Retrieved from <http://www.fao.org/catalog/inter-s.htm>

FAO. (2015, diciembre 11). <http://www.fao.org/catalog/inter-s.htm>. Retrieved from [www.fao.org/catalog/inter-s.htm](http://www.fao.org/catalog/inter-s.htm): <http://www.fao.org/3/i0680s/i0680s.pdf>

GALANTE, P.M., SANCHEZ, E., VALVERDE, M., CASTILLO, & E.R.D. (2013). *BIOMARKERS OF EXPOSURE FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL METAL POLLUTION: FROM MOLECULES TO ECOSYSTEMS*. Rev. Int. Contam. Ambie.

GAMARRA Melendres, B., & PORTAL Pretel, G. (2018). Evaluación en la fabricación de bionanofiltros a base de concha-arcilla-almidón, para la purificación de aguas superficiales del río tablachaca”. *Tesis de investigacion*, 1-163.

GARBISU, C., & ALKORTA, I. (2003). Basic concepts on heavy metal soil bioremediation. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*, 58-66.

GARCÍA, E., GARCÍA, E., & JUAREZ, L. F. (05 de 2012). La respuesta de haba (vicia faba



L.) cultivada en un suelo contaminado con diferentes concentraciones de cadmio. 28. Recuperado el 29 de 05 de 2019, de scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000200002)

GARCÍA, I., & DORRONSORO, C. (2005). Contaminación por metales pesados. En Tecnología de Suelos. *Universidad de Granada*. Obtenido de <http://edafologia.ugr.es>.

GAUR, A., & ADHOLEYA, A. (2004). Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*.

GESTIÓN. (07 de 08 de 2018). Unión Europea pone en jaque al cacao peruano por la presencia del cadmio. (Gestión, Ed.) *Gestión*, pág. 1. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/union-europea-pone-jaque-cacao-peruano-presencia-cadmio-240787>

GESTION, R. D. (07 de 08 de 2018). *Gestion*. Obtenido de Unión Europea pone en jaque al cacao peruano por la presencia del cadmio: <https://gestion.pe/economia/union-europea-pone-jaque-cacao-peruano-presencia-cadmio-240787>

FRAGA. (2016). *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion*. Biotechnol Adv. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975099000142>

HENNER, P., SCHIAVON, M., DRUELLE, V., & LICHTFOUSE, E. (1999). . Fitotoxicidad de antiguos suelos gaseosos. Efecto de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la germinación de las plantas. *Geoquímica Orgánica*. *Geoquímica Orgánica*, 963-969.

HERNANDEZ, R. (2014). *Metodología de la investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

INTAGRI. (2018). Disponibilidad de nutrimentos y el pHdel suelo. *INTAGRI-Serie Nutricion Vegetal*(113), 4. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo>

IZQUIERDO, P., & YUSTE, V. (2016). *LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO: PAPEL*

DE LOS MICROORGANISMOS. Retrieved from  
<https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>

JUHASZ, A. L., SMITH, E., & NAIDU, R. (2003). Estimation of Human Availability of Arsenic in Contaminated Soils. Proceedings of the Fifth National Workshop on the Assessment of site Contamination. National Environmental Protection Council Service Corporation. *Environment Protection & Heritage Council*, 183-194.

KELLEY, M. E., BRAUNING, S. E., SCHOOFF, R. A., & RUBY, M. V. (2002). Assessing oral bioavailability of metals in soil. Battelle Press. *Columbia, Ohio*, 124pp.

KERN, & SOHN, G. (2019). Manual de instrucciones de balanzas analíticas.

KIM Y, K. J. (2005). Adsorption behavior of heavy metal ions in the solutions of clay minerals under various conditions. *Journal of ceramic Processing Research*, 25-30.

LABORATORIO Químico. (2018). 1.

LI, H., OU, J., WANG, X., YAN, Z., & ZHOU, Y. (2018). Immobilization of soil cadmium using combined amendments of illite/smectite clay with bone chars. *Environmental Science and Pollution Research*, 20723–20731.

LI, S., WANG, M., ZHAO, Z., MA, C., & CHEN, S. (2018). Adsorption and Desorption of Cd by Soil Amendment: Mechanisms and Environmental Implications in Field-Soil Remediation. *Sustainability*, 13. Retrieved from  
<https://pdfs.semanticscholar.org/f136/a91153c098e8798c2bdd1679e753cece002c.pdf>

LORENZO, G. (2015). Las ciencias de suelo en el siglo 21: enlazando sistema., *Quebracho-volumen* 23, 105-116. Retrieved from  
<https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v23n2a05.pdf>

LOTENBACH, B., & GERHARD, F. (2005). Immobilization of cadmium and zinc in soil by Al-montmorillonite and gravel sludge. *European Journal of Soil Science*, 11. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2389.1998.00140.x>

LOTENBACH, B., R, K., GERHARD, F., GUPTA, K., & R, S. (2005). Immobilization of cadmium and zinc in soil by Al-montmorillonite and gravel sludge. *European Journal of*

*Soil Science*, 11. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2389.1998.00140.x>

LUKE, B., MORENO, E., & GOMEZ, J. (2010). Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environmental Pollution*, 10.

M. NEDERLOF, M. &. (2008). *Effect of Ph on The Bioavailability of Metals in Soils*. EUROSOL.

MACDONALD, J. (2000). *evaluating natural attenuation for groundwater cleanup* (Vol. 34). .Environ. Sci. Technol. Recuperado el 21 de 06 de 2019

MAHIMAIRAJA, S., BOLAN, N., D.ADRIANO, & B.ROBINSON. (2005). Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings. ,*Adv. Agron*, 1-82.

MANZANO, R., PEÑASA, J., & E, E. (2014). Solicitud de modificación en un sistema de suelo minero contaminado: efectos sobre la movilidad de los oligoelementos. *Contaminación del agua, el aire y el suelo.*, 1-10.

MELO, L., PUGA, A., COSCIONE, A., & APARECIDA DE ABREU, C. (2015). Sorption and desorption of cadmium and zinc in two tropical soils modified with biochar derived from sugar cane straw. *soil and sediments*, 10. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1199-y>

MINISTERIO de Agricultura y Riego. (20 de 07 de 2019). *MINAGRI*. Obtenido de MINAGRI.

MITE Francisco, DURANGO Wuellins, & CARRILLO, M. (2010). AVANCES DEL MONITOREO DE PRESENCIA DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO, SUELOS Y AGUAS EN ECUADOR. *ResearchGate- XII congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo*, 10. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/304346639\\_AVANCES\\_DEL\\_MONITOREO\\_DE\\_PRESENCIA\\_DE\\_CADMIO\\_EN\\_ALMENDRAS\\_DE\\_CACAO\\_SUELOS\\_Y\\_AGUAS\\_EN\\_ECUADOR](https://www.researchgate.net/publication/304346639_AVANCES_DEL_MONITOREO_DE_PRESENCIA_DE_CADMIO_EN_ALMENDRAS_DE_CACAO_SUELOS_Y_AGUAS_EN_ECUADOR)

MORSHEDIZAD, M., ZIMMER, D., & LEINWEBER, P. (2016). Effect of bone chars on phosphorus-cadmium-interactions as evaluated. *Journal of plant nutrition and soil science*, 388–398.

MOUTA, E., & SOARES, M. J. (2008). Copper adsorption as a function of solution parameters of variable charge sils. *Chem. Soc*, 996-1009.

MOUTA, E., M.R., S., & CASAGRANDE, J. (2008). Copper adsorption as a function of solution parameters of variable charge sils. *Chem. Soc*, 996-1009.

MUNZUROGLU, O., & GECKIL, H. (2002). Efectos de los metales en la germinación de las semillas, el alargamiento de las raíces de coleoptil e hipocotilo en triticum Aestivum Y Cucumis sativus. *Archivos de contaminación Ambiental y Toxicología*, 203-2013.

NICOLLE, C., CARDINAULT, N., E., G., L., J. E., & MA., R. (2004). Health effect of vegetable-based diet : lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *clinical nutrition*, 605-614.

OILGAE. (s.f.). Obtenido de Oilgae: <http://www.oilgae.com/ref/glos/biochar.html>

OMS. (29 de 05 de 2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Who.: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/cadmium/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/)

on, I. A. (2012). *IARC*. Retrieved from World Health Organization: <https://www.iarc.fr>

OOMEN, C. M., R., M.A., B., & DOBBE, C. P. (2003). Development of an In Vitro Digestion Model for Estimating the Bioaccessibility of Soil Contamination. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 281-287.

OOMEN, G., ROMPELBERG, C. M., BRUIL, M., & DOBBE, C. (2003). Development of an In Vitro Digestion Model for Estimating the Bioaccessibility of Soil Contamination. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 281-287.

ORGANIZACIÓN Mundial de la Salud. (2019). *Who*. Recuperado el 29 de 05 de 2019, de [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/cadmium/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/)

OU, i., LI, H., YAN, Z., ZHOU, Y., BAI, L., ZHANG, C., . . . CHEN., G. (2018). In situ

immobilisation of toxic metals in soil using Maifan stone and illite/smectite clay. *Scientific Reports*.

OU, J., LI, H., YAN, Z., ZHOU, Y., BAI, L., ZHANG, C., . . . CHEN., G. (2018). In situ immobilization of toxic metals in the soil with maifan stone and illite/smectite clay. *Scientific Revist*, 16.

PAGNANELLI, MOSCA E, G., & L., T. (2004). Sequential extraction of heavy metals in river sediments of an abandoned pyrite mining area; pollution detection and affinity series. *Environ Pollut*, 189-201.

PEIJNENBURJ, W., & JAGER, T. (2003). Monitoring approaches to assess bioaccessibility and bioavailability of metals: Matriz issues. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 63-77.

PIAGENTINI, A., MÉNDEZ, J., GUEMES, D., & PIROVANI, M. (2005). Modeling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh-cut leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 202-2012.

PORTA, J., ACEVEDO, M., & ROQUERO, C. (2003). *Edafología para la agricultura* (Vol. 3ra.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Porta, J., Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura* (Vol. 3ra.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

PORTER, S. K., SCHECKEL, K. G., IMPELLITTERI, C. A., & RYAN, J. A. (2004). Toxic metals in the environment: thermodynamic considerations for possible immobilisation strategies for Pb, Cd, As, and Hg, C. pp. 102-108.

PORTER, S., SCHECKEL, K., IMPELLITTERI, C., & RYAN, J. (2004). Toxic metals in the environment: thermodynamic considerations for possible immobilisation strategies for Pb, Cd, As, and Hg, C. *Environ Sci.Techno*, 10.

PRIETO Méndez, J., GONZÁLEZ Ramírez, C., ROMÁN Gutiérrez, A., & PRIETO García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en planta por metales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2), 29-44. Retrieved 05 29, 2019

PRIETO, J., GONZÁLEZ, C., ROMÁN, A., & PRIETO, F. (2009, 05 29). Contaminación y fitotoxicidad en planta por metales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,. Retrieved from Plants.

QUISPE Abad, Y. E. (2018). Aplicación de cascara de huevo en el suelo ácido de atalaya para incrementar la producción Zea mays, 2018. Lima, Lima, Lima: repositorio ucv.

RAMOS, E. (2016, julio 05). <http://agraria.pe/noticias/peligra-exportacion-de-cacao-peruano-a-11481>. Retrieved from agraria.pe: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4473-5\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4473-5_4)

RODRIGUEZ Peñuelas. (2008). *Material de Seminario de Tesis. (Guía Para Diseñar Proyectos de Investigación de Tesis*. Estudios Fiscales de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa.

RODRIGUEZ, H., & FRAGA, R. (2016). *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion*. Biotechnol Adv. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975099000142>

RODRIGUEZ, H., & R., F. (2016). *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion*. Biotechnol Adv. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975099000142>

RODRÍGUEZ, J., VALDEZ, R., LARA, J., RODRÍGUEZ, H., VÁSQUEZ, R., MAGALLANES, . . . GARCÍA, J. (2006). Soil nitrogen fertilization effects on phytoextraction of Cd and Pb by tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Bioremediation Journal*, 105-114.

RODRÍGUEZ, R., BASTA, N., CASTEEL, S., & PACE, L. (2016). An In Vitro Gastrointestinal Method To Estimate Bioavailable Arsenic in Contaminated Soils and Solid Media. *Environ Sci Technol*, 642-649.

SABAHT, E., & ROBLES, L. (2012). Medio Ambiente y riñón nefrotoxicidad por metales pesados. *Nefrología ( Madrid)*, 32, 10. Retrieved 05 29, 2019, from <https://www.revistanefrologia.com/es-pdf-X0211699512001359>

SABROSO, M., & PASTOR, A. (2004). Guía sobre suelos contaminados de campo(Valladoid): Contenidos extraíbles, niveles de fondo y referencia. España, Valladoid.

SANDALIO, L., GOMEZ, m., DALURZO, H., & ROMERO, M. (2001). Cadmium-Induced Changes in the Growth and Oxidative Metabolism of Pea Plants. *Journal of experimenal Botany*, 52.

SEPÚLVEDA, A. V. (2015). Evaluación de la adición de materiales de origen orgánico para la remediación de suelos contaminados con metales pesados. *Universidad de Barcelona*, 10.

SHANSHAN, L., MENG, W., ZHONGQIU, Z., CHANGBAO, M., & SHIBAO, C. (2018). Adsorption and Desorption of Cd by Soil Amendment: Mechanisms and Environmental Implications in Field-Soil Remediation. *Sustainability*, 13. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/f136/a91153c098e8798c2bdd1679e753cece002c.pdf>

SOARES, M. R., CASANGRANDE, J. C., & MOUTA, E. R. (2008). Copper adsorption as a function of solution parameters of variable charge sils. *Chem. Soc*, 996-1009.

SPARKS, D. (2003). Environmental Soil Chemistry. *Academic Press*,.

SUN, F., ZHOU, Q., & LI, P. (2001). Pollution Ecology,. *Science Press*.

SUN, Y., LI, Y., XU, Y., LIANG, X., & Wang, L. (2015). In situ stabilization remediation of cadmium (Cd) and lead (Pb) co-contaminated paddy soil using bentonite. *Elsevier*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131715000022>

SUN, Y., SUN, G., XU, Y., LIU, W., LIANG, X., & WANG., L. (2016). Evaluación de la eficacia de las enmiendas de sepiolita,entonita y fosfato en la estabilización de suelos contaminados. *Gestión Ambiental*, 13. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715303157?via%3Dihub>

TACK, F. (2010). *Trace elements: general soil chemistry, principles and processes* (1 ed.). Chichester, U. K.

TAKRAMA, J. ,.-F.-E. (2015). Cadmium contamination of cocoa beans and cocoa growing agricultural soils of Ghana: There is no cause for public alarm. 3.

TERMOFisher. (2018). Hoja de seguridad de equipos.

THOMSEN I.K., Schjonning P., J. B., & T., K. K. (1999). *turnover of organic matter in differently textured soils*. Geoderma.

TRIGOSO Portocabrero , Doraliz. (2017). Reduccion de cadmio en suelo contaminados a traves de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares en la Region Huanuco.

TRIGOSO Portocabrero, D. (2017). Reduccion de cadmio en suelos contaminados a través de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares en la Region Huanuco. *Tesis*. Lima: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.

USMAN, A., KUZYAKOV, Y., & STAHR, K. (2005). Effect of Clay Minerals on Immobilization of Heavy Metals and Microbial Activity in a Sewage Sludge-Contaminated Soil. *Journal of Soils and Sediments*, 14. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/226556113\\_Effect\\_of\\_Clay\\_Minerals\\_on\\_Immobilization\\_of\\_Heavy\\_Metals\\_and\\_Microbial\\_Activity\\_in\\_a\\_Sewage\\_Sludge-Contaminated\\_Soil\\_8\\_pp](https://www.researchgate.net/publication/226556113_Effect_of_Clay_Minerals_on_Immobilization_of_Heavy_Metals_and_Microbial_Activity_in_a_Sewage_Sludge-Contaminated_Soil_8_pp)

VENEGAS, A. (2015). *Evaluación de la adición de materiales de origen orgánico para la remediación de suelos contaminados con metales pesados*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

VICTORIA Agüero, M. (2011). Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor . *tesis*.

VIOLANTE, A., Cozzolino, V., L., P., Caporale, A., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *J. Soil*, 268-292.

WANG, M., ZHU, Y., CHENG, L., ANDERSON, B., ZHAO, X., WANG, D., & DING, A. (2018). Review on utilization of biochar for metal-contaminated soil. 63(156-173). Retrieved 30 de abril 2019

WEI, S., SILVA, J. A., & ZHOU., Q. (2008). Agro-improving method of phytoextracting heavy metal contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 2-3.

XU, Y., LIANG, X., XU, Y., QIN, X., HUANG, Q., WANG, L., & SUN, Y. (2017).



Remediación de suelos agrícolas contaminados con metales pesados utilizando minerales de arcilla: Una revisión. *El Servier*, 193-204.

XUEDONG, W., & YAN, Z. (2018). Inmovilización del cadmio del suelo utilizando enmiendas combinadas de arcilla illita/smectita con carbonilla ósea. 20.

Y Ma, DICKINSON, N. M., & MING Hung Wong. (2003). Interactions between earthworms trees, soil nutrition and metal mobility in amended Pb/Zn mine tailings from Guangdong,. *Soil Biol.*, 1369-1379.

YANG, J. J. (2016). Los carbóneos óseos. *he reserchgate*.

YANG, X., J.J., L., & K., M. (2016). Efectos de un material de hierro-silicio, una zeolita sintética y una arcilla alcalina en la absorción vegetal de As y Cd de un suelo agrícola contaminado y mecanismos de remediación propuestos. . 974-984.

YUAN, S., Li, Z., & Wang, Y. (2016). Eliminación de iones de cobre y cadmio en solución acuosa mediante adsorción por arcilla de tamaño nanométrico illita-esmectita. *JChin Ceram Soc*, 43-49.

ZENTENO, M., e Freitas, R., & R.B.A. Fernandes, M. F. (2013). Sorption of cadmium in some soil amendments for in situ recovery of contaminated soils. *Water Air Soil Pollut.*, 1418-1426.

ZHANG, G. L. (2011). Remediation of copper polluted red soils with clay materials. *Journal of Environmental*, 461–467.

ZHOU, Q. X., Song, Y. F., YONGMING, L., & CHEN, T. (2004). *twenty year of research and development on soil pollution and remediation in China*. Beijing, China: Springer. Obtenido de 978-981-10-6029-8

ZIMMER, D., MOHSEN, M., & LEINWEBER, P. (2016). Effect of bone chars on phosphorus-cadmium-interactions as evaluated. *Journal of plant nutrition and soil science*, 388–398. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/301907275\\_Effect\\_of\\_bone\\_chars\\_on\\_phosphorus-cadmium-interactions\\_as\\_evaluated\\_by\\_three\\_extraction\\_procedures](https://www.researchgate.net/publication/301907275_Effect_of_bone_chars_on_phosphorus-cadmium-interactions_as_evaluated_by_three_extraction_procedures)

ZORRILA, S. (2015). *Introduccion a la metodologia de la investigaciòn*. Mexico: Cal y Arena. Recuperado el 10 de 05 de 2019, de ISBN 13: 9786077638124

ZORRILLA Arena, S. (2015). *Introduccion a la metodologia de la investigaciòn*. Mexico: Cal y Arena. Recuperado el 10 de 05 de 2019, de ISBN 13: 9786077638124

**ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de Consistencia.

FORMULACION DEL PROBLEMA	HIPOTESIS	OJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
P.G: ¿Cuál es la eficiencia de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019?	H.G: La enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) tiene eficiencia en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019	O.G: Evaluar la eficiencia de las enmiendas (Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019.	<b>Variable Dependiente</b>  Efecto de las enmiendas de arcilla y carbonilla ósea.	Propiedades físicoquímicas	Textura	textura
					Conductividad	conductividad
					Ph	pH
					Proporción de enmienda	gr Días
					Tiempo	
¿Cuál es la eficiencia de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019?	La proporción optima de enmienda (arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019.	Determinar la proporción optima de enmienda (arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019.		Enmienda (arcilla +carbonilla ósea)	Tipo de tratamientos	
					pH	
¿Cuál el efecto de la enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019?	Existe efecto de la enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019.	Analizar el efecto de la enmienda (Montmorillonita y carbonilla ósea) en el pH del suelo para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento Huánuco, 2019.	<b>Variable independiente</b>  Inmovilización de cadmio.	Concentración cadmio.	Concentración cadmio en suelo inicial	Nominal
						Intervalo
¿Cuál es el efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco?	El efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) permite la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.	Determinar el efecto de la enmienda (Arcilla Montmorillonita y carbonilla ósea) en la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina en el Departamento de Huánuco.			Concentración de Cd en la lechuga.	mg/kg%

## Anexo 02. Formato de ficha de Análisis pH

ENMIENDAS    ARCILLA    MONTMORILLONITA    CON CARBONILLA OSEA				
M1			M2	
Proporción 10:90			Proporción 50:50	
		Cantidad M1/M2	pH M1	pH M2
		gr	Intervalo	Intervalo
TG	R1			
	R2			
	R3			
T1	R1			
	R2			
	R3			
T2	R1			
	R2			
	R3			
T3	R1			
	R2			
	R3			
T4	R1			
	R2			
	R3			
T5	R1			
	R2			
	R3			
T6	R1			
	R2			
	R3			
T7	R1			
	R2			
	R3			

T8	R1			
	R2			
	R3			
T9	R1			
	R2			
	R3			
T10	R1			
	R2			
	R3			

**Anexo 03. Formato de ficha de  
Observación**

<b><u>ANALISIS DE EFICIENCIA DE INMOVILIZACION DE CADMIO</u></b>			
		<b>M1</b>	<b>M2</b>
		<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>
TG	R1		
T1	R1		
	R2		
	R3		
T2	R1		
	R2		
	R3		
T3	R1		
	R2		
	R3		
T4	R1		
	R2		
	R3		
T5	R1		
	R2		
	R3		
T6	R1		
	R2		
	R3		
T7	R1		
	R2		
	R3		

### Anexo 04. Formato de ficha de Observación

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio		Departamento	
Uso del punto de muestreo		Provincia	
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo			
Coordenadas (UTM-WG589)	X:		
Temperatura		Operador	
Técnica de muestreo		Descripción de superficie	
PROFUNDIDAD FINAL (en metros bajo profundidad)		Precipitación (sí/no, intensidad)	
Instalación de un pozo en el agujero		Instrumentos usados	
Napa freática		Relleno de agujero después del muestreo	
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra		Profundidad desde	
fecha		profundidad hasta	
hora		Características organolépticas	
color		Textura	
olor		Compactación /consistencia	
componentes antropogénicos		Humedad	
Estimación de la fracción "	Cantidad de muestra (volumen o peso)		
medidas de conservación		Tipo de muestra	
Comentarios		Croquis	



## Anexo 05. Fichas de observación (Registro de campo)

A.O ✓

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15ha cacao, limón, 21/2ha, restechos	Provincia	Corredor Huanuco-Tournavista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Sielo-001		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519484E	Y: 9032220N	
Temperatura		Operador	J. Andrade, A. Olmiano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Manuel	Descripción de Superficie	Abundante Vegetación
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pala, pico, lampa, machete.
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	No
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Sielo-001	Profundidad desde	206m
fecha	04/08/2015	Profundidad hasta	206m - 0.27m = 205.73m
hora	4:05pm	Características organolépticas	-
color	Huaron	Textura	-
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Compactación (pastosa), media (plástico)
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Si
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	400g (Balanza de granos)
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Abundante vegetación y animales pequeños, tomar mucha precaución avispa y hormigones. Menor proporción de arena.</p> <p>solo en verano ahora.</p> <p>* Riega con agua de lluvia (luna nueva y luna llena)</p> <p>* Demora 3 años en crecer.</p> <p>* Injerto cada 40 años (si bolsa injertada) → * Injerto cada 3 años en crecer.</p> <p>* Para hacer el chocolate se fermenta 5 días la pulpa, hoja plástica, tapa en caja cerrada y se fermenta.</p> <p>* Época de lluvia cada 25 días se cosecha.</p> <p>* Época seca cada 20 días se cosecha.</p> <p>* El color del cacao es variado: amarillo (hacer chocolate) rojo ( ).</p> <p>* Injerto cada 3 años en crecer.</p> <p>* Injerto cada 40 años (si bolsa injertada) → * Injerto cada 3 años en crecer.</p> <p>* Para hacer el chocolate se fermenta 5 días la pulpa, hoja plástica, tapa en caja cerrada y se fermenta.</p> <p>* Época de lluvia cada 25 días se cosecha.</p> <p>* Época seca cada 20 días se cosecha.</p> <p>* El color del cacao es variado: amarillo (hacer chocolate) rojo ( ).</p>		
Croquis:			

A.O ✓

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo	Departamento	Pucallpa
Uso principal		Provincia	Corredor Huanuco-Tournavista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Sielo-002		Huanuco
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519281E	Y: 9032251N	
Temperatura		Operador	J. Andrade, A. Olmiano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Manuel	Descripción de Superficie	Abundante Vegetación
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	26cm	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico, machete, espátula de plástico.
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	No
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Sielo-002	Profundidad desde	210m
fecha	04/08/2019	Profundidad hasta	210m - 0.26m = 209.74m
hora	5:12pm	Características organolépticas	
color	negro superficial hasta 5cm	Textura	Resaca de la
olor	Putrefacto	Compactación/Consistencia	Compacta
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Presente
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	430g (Balanza de granos)
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>En el suelo con abundante raíces de forma cruzada (aprox. 5cm) ligera putrefacción, húmedo.</p> <p>hasta 5cm negro superficial luego arcilla de color rojo.</p> <p>* Inaccesible el avance por Vegetación.</p> <p>* Posible a malena o moho aumenta capacidad intercambiaria del suelo. (+cd, +N, +P, +K)</p> <p>* Posible estructura polidrica sacarina.</p> <p>* Menor proporción de arena.</p>		
Croquis:			

40

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15 Ha cacao, 3 1/2 ha limón, arroz	Provincia	Corredor Honorio-Tournaquista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-003		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519393 E	Y: 9032111 N	
Temperatura		Operador	J. Andrade, A. Otiniano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Manual	Descripción de Superficie	-
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico - Espátula Plástica
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	SI
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-003	Profundidad desde	204m
fecha	04/08/2019	Profundidad hasta	204m - 0.30m = 203.70m
hora	17:56	Características organolépticas	-
color	Marrón negrozco	Textura	-
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Mediana Compactación
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Presenta
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	590g (Balanza de g/amo)
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Abundantes raíces, tallos, color marrón después de 7cm, antes presencia materia orgánica. Contiene menor proporción de arena.</p>		
Croquis:			

40

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal		Provincia	Corredor Honorio-Tournaquista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-005		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519343E	Y: 9032043N	
Temperatura	-	Operador	J. Andrade, A. Otiniano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Simple	Descripción de Superficie	Abundante maleza
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico machete, paleta de plástico
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	No
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-005	Profundidad desde	196m
fecha	05/08/2019	Profundidad hasta	196m - 0.25m = 195.75m
hora	04:54 pm	Características organolépticas	Olor Normal
color	variado	Textura	suave al tacto
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Disgrega rápidamente
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Poca
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	400g (Balanza de gramos)
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Existe 5 cm de Horizonte O. De color negro en partes, limoso, partes marrón claro y normal. Se tomó a 10 metros aproximadamente grano de cacao.</p> <p>HON-Grano-005 Cáscara</p>		
Croquis:			



ADL

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15 Ha cacao, limón, maíz, refectorio	Provincia	Corredor Honorario pucallpa
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-008		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 518942E	Y: 9032232N	ISL
Temperatura	-	Operador	R. Perca, A. Otisiano, J. Andrade
Técnica de muestreo	Sonda Manual	Descripción de Superficie	Remanido de Cacao Abundante Moleja
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico lampita plegable
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	Si (mismo material)
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-008	Profundidad desde	203m ± 4m
fecha	07/08/2019	Profundidad hasta	203m -
hora	T: 4:30 am	Características organolépticas	-
color	De Marrón oscuro	Textura	Granular
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Mediana, Compacta
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Propio
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	-
Medidas de Conservación	Bolsa de Polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Cultivo de cacao, pendiente media.</p> <p>* Árboles (granados).</p> <p>HON-Grano-008, se tomaron color amarillo verdoso.</p>		
Croquis:			

1 nudo → 0.05

ADL

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15 Ha cacao, 3% de limón refectorio	Provincia	Corredor Honorario - Tourist
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-010		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 518986E	Y: 9032070N	
Temperatura	-	Operador	J. Andrade, A. Otisiano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sonda Manual	Descripción de Superficie	-
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico, lampita de plástico
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	Si (mismo material)
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-010	Profundidad desde	197m ± 7m
fecha	07/08/2019	Profundidad hasta	197m - 0.
hora	8:25 am	Características organolépticas	Dulce
color	Marrón oscuro	Textura	
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Mediana, Compacta (separada)
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Propio
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	-
Medidas de Conservación	Bolsa de polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Cultivo para mejorar el suelo, aumento nitrógeno (leguminosa).</p> <p>Horizonte O (6cm).</p> <p>Zona de cultivo de limón, pero donde estamos no presenta limón.</p>		
Croquis:			

A.01

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15 Ha cacao, 31 ha heliconia, otros	Provincia	Corredor Honorario - Tourmalina vista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Sudo-011		-
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519076E	Y: 9032069N	
Temperatura		Operador	J. Andrade, A. Otinango, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Simple	Descripción de Superficie	Abundante Vegetación
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	No	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico Bolita
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	Si (mismo material)
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	-	Profundidad desde	183m $\pm$ 14m
fecha	07/08/2019	Profundidad hasta	25cm
hora	8:49 am	Características organolépticas	Savoy tacto
color	grisáceo	Textura	granular
olor	Tierra	Compactación/Consistencia	Difícil de pisar
Componentes Antropogénicos	<del>Heliconia</del> -	Humedad	un poco seco
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	-
Medidas de Conservación	Bolsa Plástica	Tipo de muestra	Superficie
Comentarios:	Abundante raíces del gady, Suelo uniforme, material Abundante vegetación.		
Croquis:			

DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Pucallpa
Uso principal	15 Ha cacao, 31 ha heliconia, otros	Provincia	Corredor Honorario - Tourmalina vista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Sudo-013		
Coordenadas (UTM,WGS8)	X: 519107E	Y: 9032259N	
Temperatura		Operador	J. Andrade, A. Otinango, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo Manual	Descripción de Superficie	Abundante heliconias
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico, machete, lampita de heliconia
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	Si (mismo material)
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Sudo-013	Profundidad desde	200m $\pm$ 15m
fecha	07/08/2019	Profundidad hasta	
hora	9:32 am	Características organolépticas	Savoy tacto
color	marfón claro	Textura	Granular
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Se desmenuza
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Poco
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	-
Medidas de Conservación	Bolsa Plástica	Tipo de muestra	Superficie
Comentarios:	Abundante vegetación, cerca a planta Heliconia. a 250 m NE plantación de limones		
Croquis:			


DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Tucallpa
Uso principal	15Ha cacao, 314he limón y otros	Provincia	Coronel Honorio - Tourma Vista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-015		
Coordenadas (UTM, WGS8)	X: 519446E	Y: 9032203N	
Temperatura	-	Operador	
Técnica de muestreo	Sondeo simple	Descripción de Superficie	Plantación Cacao
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	No	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico Palito plástico
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	SI (misma material)
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-0015	Profundidad desde	198m ±5m
fecha	07/08/2019	Profundidad hasta	198m + 0.26m
hora	9:58 am	Características organolépticas	Suave al tacto arrollado
color	(trab anaranjado) marrón oscuro y gris	Textura	Granular
olor	Tierra húmeda	Compactación/Consistencia	Ligeramente compactada
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Problema
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	-
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>* Suelo marrón anaranjado y</p> <p>* Presencia de pequeñas raíces,</p> <p>Cereza.</p> <p>* Se tomó grano</p> <p>HON-Grano-005</p> <p>de color rojo anaranjado.</p>		
Croquis:			

→ No ha llovido hace días y no está (húmedo) en la zona indican polvorienta.


DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	Fundo Cristina	Departamento	Tucallpa
Uso principal	15Ha cacao, 314he limón y otros	Provincia	Coronel Honorio - Tourma Vista
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del punto de muestreo	HON-Suelo-004		
Coordenadas (UTM, WGS8)	X: 519446E	Y: 9032203N	
Temperatura	-	Operador	J. Andrade, A. Otiniano, R. Perca
Técnica de muestreo	Sondeo manual	Descripción de Superficie	Abundante Vegetación
Profundidad Final (en metros bajo al superficie)	-	Precipitación (si/no, intensidad)	No
Instalación de un pozo en el agujero	No	Instrumentos Usados	Pico Palito de plástico
Napa freática	No	Releno del agujero después del muestreo	No
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
Clave de la muestra	HON-Suelo-004	Profundidad desde	222m
fecha	05/08/2019	Profundidad hasta	222m - 0.26m = 221.74m
hora	4:27pm	Características organolépticas	-
color	marrón oscuro	Textura	"Granular"
olor	Alcornoqueado	Compactación/Consistencia	Compacta
Componentes Antropogénicos	No	Humedad	Poca
Estimación de la fracción <2mm(%)	-	Cantidad de muestra (volumen o peso)	390g (Bolsa de gramo)
Medidas de Conservación	Bolsa polietileno	Tipo de muestra	Superficial
Comentarios:	<p>Zona semiaccesible, abundante Vegetación y hojar secas.</p> <p>4 centímetros de horizonte O.</p> <p>Se tomó muestra de grano a 15 metros denominada HON-Grano-004 Cáscara</p>		
Croquis:			



## Anexo 06. Análisis de suelo: Caracterización.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : STEFANY MASSIEL TIRADO QUIROZ

Departamento : HUÁNUCO

Distrito :


Referencia : H.R. 70131-115C-19

Bolt.: 3552

Provincia : HUÁNUCO  
 Predio : FUNDO CRISTINA  
 Fecha : 09/10/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
8324	-	5.23	0.57	0.00	2.27	9.8	246	26	31	43	Ar.	20.80	13.00	2.73	0.53	0.14	0.10	16.51	16.41	79

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



*Bráulio La Torre Martínez*  
**Ing. Bráulio La Torre Martínez**  
 Jefe del Laboratorio

## Anexo 07. Ficha de validación de datos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

- I DATOS GENERALES  
 1.1 Apellidos y nombres  
 1.2 Cargo e institución donde labora  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación  
 1.4 Autor(A) de Instrumento

*Ugarte Hiram Carlos A.*  
*Dirigente de Grupo*  
*Trabajo Final* *Perca Guillen*

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN :

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											/		
2 OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos											/		
3 ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											/		
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											/		
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6 INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis .											/		
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

☒ SI

El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

☐ NO

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

☒ 90%

Lima ... 21 octubre ... del 2019

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. .... tel. ....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres  
1.2 Cargo e institución donde labora  
1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación  
1.4 Autor(A) de Instrumento:

HONORIS BALCÁZAR CÉSAR FERRERES  
DOCENTE TIEMPO COMPLETO  
REGISTRO DE CAMPO  
TIRADO QUIROZ; PERLA GUILLEN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

☒ Si

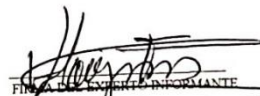
El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

☐ No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

☒ 90%

Lima 21 octubre de del 2019

  
Firma del Instrumento Evaluante

DNI No. 41134159 tel. 970334583



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

- I. DATOS GENERALES  
 1.1 Apellidos y nombres  
 1.2 Cargo e institución donde labora  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación  
 1.4 Autor(A) de Instrumento

GADZON FLORES ALCIDES  
 DOCENTE  
 LABORATO SANTO  
 FIDIAS WILSON PERCAGUIEN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

☒

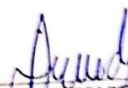
El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

☐


IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

☒ 85%

Lima 21 OCTUBRE del 2019

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 70989777 tel

## Anexo 08. Certificado de calibración de equipos utilizados



# PRESITEC SAC


INFORME TECNICO : N° 10028 - 2017

EMPRESA :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	FECHA :	10-oct 2017
LOCAL :	Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. Ima	TECNICO :	CHRISTIAN CONDO
CONTACTO :	Ing. LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES	REFERENCIA :	Analisis de laboratorio

EQUIPO	MODELO	SERIE	EDADO	ALCANCE	SRTA DESIGNADA
ANALIZADOR ANALITICO	AN 201	658743	NO MEDIA	200G	LABORATORIO

**CARACTERISTICAS DEL SERVICIO**


- Desarmado de los equipos
- Limpieza interna de los componentes
- Recalado de puntos críticos en los componentes internos
- Limpieza de partes móviles
- Protección de tarjetas electrónicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



**DIAGNOSTICO**

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS

**EQUIPO OPERATIVO**



Ing. Christian Condo Quiroga  
Tef 984466251  
Atencas Comercial  
[www.presitecsac.com](http://www.presitecsac.com)



## PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10010 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**  
LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande 8-J.L. Lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDON**  
CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **resistencia\_mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
PH	HANNA	HANNA	NO MEDICA	LA PH	LABORATORIO

### CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipos  
Limpieza interna de los componentes  
Recambio de puntos críticos en los componentes internos  
Limpieza de partes móviles  
Protección de tarjetas electrónicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION CON LOS VALORES DE BUFFER DENTRO DE LOS PUNTOS LINEALES  
DE MEDICION DE POTENCIAL DE HIDROGENO

  
Ing Christian Condon Velasquez  
Tel 987469253  
Amenor Comercial  
[www.presitecsac.com](http://www.presitecsac.com)





## PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10009 - 2017

EMPRESA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. FECHA : 30-ene-2017  
LOCAL : Av. Del parque n 640 Urb campo grande S.J.L. Lima TECNICO : CHRISTIAN CONDOMI  
CONTACTO : Ing LÓRGO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES REFERENCIA : servicio\_mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	USUARIO	AREA DESIGNADA
ESTufa	DAF	4441	NO INDICA	250 C	LABORATORIO

### CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipos  
Limpieza interna de los componentes  
Resoldado de puntos críticos en los componentes internos  
Limpieza de partes móviles  
Protección de tarjetas electrónicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION DENTRO DE LOS VALORES PERMITIDOS



Ing Christian Condomi Velazquez  
Tel 994664387  
Asesor Comercial  
www.presitecsac.com



## PRESITEC SAC

INFORME TÉCNICO : N° 10028 - 2017

EMPRESA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. FECHA : 10-oct-2017  
LOCAL : Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. Lima TÉCNICO : CHRISTIAN CONDO  
CONTACTO : Ing. LORGIO GILBERTO VALDIVIAZO GONZALES REFERENCIA : Analisis, mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	UNIDAD DESIGNADA
ANALIZADOR ANALITICO	AE5 201	658283	NO MEDIR	200G	LABORATORIO

### CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipos  
Limpieza interna de los componentes  
Revisado de puntos críticos en los componentes internos  
Limpieza de partes móviles  
Protección de tarjetas electrónicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS  
EQUIPO OPERATIVO



Ing. Christian Condo Urteaga

Tel 983466258

Acredit. Comercial

www.presitecsac.com

# Performance Verification Certificate

## Test Results

Serial number A8004  
Model Type XPLORAA 2A

Test Description	Criteria	Target	Actual
1. EHT	EHT @ Copper 5mA, 324.7nm Slit = 0.5nm	<350V	286V
2. Slit Setting	Slit Width @324.7nm	0.2 ± 0.02nm 1.0 ± 0.1nm	0.22 1.02
3. Wavelength Accuracy, Cu	Lamp Cu @324.7nm Slit = 0.5nm	324.75 ± 0.2nm	324.78
4. Wavelength Accuracy, Cs	Lamp Cs @852.11nm Slit = 0.5nm	852.11 ± 0.2nm	852.25
5. Background Correction	Difference between With Gauze and Without Gauze in the light path.	<2% of Gauze Abs	0.2%
6. Absorbance Reading	Use 5ppm Copper solution, in 1% HNO <sub>3</sub>	>0.8 Abs	0.903
7. RSD	5ppm Cu % RSD Minimum eight out of 10	≤ 0.50%	0.37

We hereby certify that this instrument complies with GBC factory specifications



NOR AZLAN

Tested by

Signed

2-Jun-2015

Date



# Anexo 09. Análisis de Laboratorio Arcilla.

 <b>PORTUGAL</b>		<b>FDR/CMI- 001 LP</b>	Versión:3 Vigencia desde: 2017-12-01 Vigencia hasta : 2019-12-01 Página : 1/2
<b>RESULTADOS DE EXAMEN MICROBIOLÓGICO</b>			
Elaborado por : Responsable de Control Microbiológico/ Jefe de Control de Calidad		Revisado por: Jefe de Aseguramiento de Calidad	Aprobado por : Dirección Técnica
			
PRODUCTO: <u>marfomillonita/Bentonita</u>			
LOTE:		N° DE ANALISIS:	
FECHA DE INICIO: <u>12-12-2018</u>		FECHA DE TERMINO: <u>19-12-2018</u>	
FASE: Producto terminado		E. Estabilidad:	M. Prima: <input checked="" type="checkbox"/> M. Envase: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>
<b>ENSAYOS</b>		<b>RESULTADOS</b>	<b>ESPECIF.</b>
Pruebas de Recuento microbiano			
Recuento Total de Microorganismos Aerobios		-	Máximo
P1: <u>10 UFC/g</u> P2: <u>10 UFC/g</u> Prom: <u>10 UFC/g</u>		<u>&lt; 10 UFC/g</u>	<u>100 UFC/g</u>
Recuento Total Combinado de Hongos Filamentosos y Levaduras :		-	Máximo
P1: <u>10 UFC/g</u> P2: <u>10 UFC/g</u> Prom: <u>10 UFC/g</u>		<u>&lt; 10 UFC/g</u>	<u>100 UFC/g</u>
Pruebas de Microorganismos Específicos:			
Detección de Salmonella spp.		-	Ausentes: 30
Detección de Pseudomonas aeruginosa		Ausente	Ausentes: 10
Detección Staphylococcus aureus		Ausente	Ausentes: 10
Detección Escherichia coli		Ausente	Ausentes: 10
Detección Candida albicans		-	Ausentes: 10
Detección de Clostridios		-	Ausentes: 10

MEDIO DE CULTIVO	LOTE	MEDIO DE CULTIVO	LOTE
Caldo caso	CCAS 03 06-2	Agar caso	ACAS 03 06-2
Caldo MacConkey	CMAC -	Agar Sabouraud glucosa 4%	ASAB 03 06-2
Caldo Rapoport Vassiliadis	CRAP -	Agar MacConkey	AMAC -
Caldo Sabouraud 2%	CSAB -	Agar Cetrimide	ACET 02 06
Medio reforzado para Clostridios	MRCL -	Agar Manitol Salado	AMAN 33 05
Caldo Cloruro Sodio Peptona	CCSP -	Agar Xilosa-Lisina-Desoxicolato	AXLD -
Agar Columbia	ACOL -		

P1: Placa N° 1; P2: Placa N° 2; FD: factor de dilución, Prom: Promedio

Conclusión: APROBADO ☒

RECHAZADO ☐

OBSERVACIONES

Ninguna

Y. Duran  
Analista



  
**Ing. Betty Gabriela Camino**  
 Responsable de Control Microbiológico

Responsable de Control Microbiológico



 PORTUGAL	FDR/CM- 001 LP	Versión:3 Vigencia desde: 2017-12-01 Vigencia hasta : 2019-12-01 Página : 2/2
		<b>RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE ARCILLA</b>
Elaborado por : Responsable de Control Microbiológico/ Jefe de Control de Calidad	Revisado por: Jefe de Aseguramiento de Calidad	Aprobado por : Dirección Técnica
  		
<b>PRODUCTO:</b>		
NOMBRE: Sodium Magnesium Aluminium Silicate Hydroxide Hydrate.		FÓRMULA: $(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINO:
FASE: Producto terminado	E. Estabilidad:	M. Prima <input checked="" type="checkbox"/> M. Envase <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>

Tabla A.1 Resultados de Análisis por el método FRX

FRX DE LAS MUESTRAS (MONTMORILLONITA)	
Compuestos	Montmorillonita Impurificada(%)
SiO <sub>2</sub> (%)	75.209
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	12.186
CaO	5.947
MgO (%)	3.796
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1.897
K <sub>2</sub> O (%)	0.337
Na <sub>2</sub> O (%)	0.249
TiO <sub>2</sub> (%)	0.113
ZrO <sub>2</sub> (%)	0.108
SO <sub>3</sub> (%)	0.097
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.040
SrO (%)	0.012
ZnO (%)	0.009
Sub.- Total	87.21
Total %	100.00

El análisis de fluorescencia de rayos x (Tabla A.1) muestra que los óxidos mayoritarios en la montmorillonita se encuentra en SiO<sub>2</sub> (75.209 %) y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12.186%), y como óxidos minoritarios ZnO (0.009%) y SrO (0.012%) no se detectó Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, Rb<sub>2</sub>O y PbO.

Tabla A.2 Características físicas de la arcilla Montmorillonita

	Características
Aspecto	Sólido
Color	Blanco grisáceo
Sabor	Agradable( a leche magnesia)
pH	8
Densidad	1.47 g/ml



## Anexo 10. Análisis de Metal Cadmio

### INFORME DE ENSAYO N° 013-10122019-2

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV  
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

**Tesis** "Efecto de las enmiendas de arcilla con carbonilla ósea para la inmovilización del cadmio en suelos contaminados del Fundo Cristina, Huánuco – 2019"

**Tesista** : Rosario Elisa Perca Guillen (0000-0002-6307-7289)  
Stefany Massiel Tirado Quiroz (0000-0002-2689-0414)

**Tipo de muestra** : Determinar la concentración de metales Cd.

**Descripción de la muestra** : Muestra digestada

**Muestra tomada por** : Joseps Andrade

**Fecha de ingreso de muestras** : 10 de octubre y 08 de noviembre 2019

**Lugar que se realizó el ensayo** : Laboratorio del Centro de Investigación de FIGMM

**Fecha de realización de ensayos** : octubre-noviembre 2019

Muestra proporcionada por el estudiante

PARÁMETRO	Código de muestra	MÉTODO	RESULTADO A LOS 45 DÍAS			RESULTADO A LOS 25 DÍAS		
			TG	M1-1REP	M2-1REP	TG	M1-1REP	M2-1REP
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
CONCENTRACION DE CADMIO EN LA PLANTA	S1	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.387	0.289	0.253	0.371	0.273	0.246
	S2	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.338	0.255	0.241	0.332	0.243	0.215
	S3	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.380	0.268	0.244	0.373	0.275	0.247
	S4	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.308	0.213	0.195	0.325	0.213	0.201
	S5	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.345	0.263	0.228	0.33	0.247	0.225
	S6	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.358	0.252	0.222	0.375	0.272	0.239
	S7	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.374	0.282	0.264	0.385	0.264	0.251
	S8	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.309	0.214	0.197	0.298	0.213	0.213
	S9	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.371	0.274	0.233	0.36	0.260	0.244
	S10	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)	0.322	0.227	0.210	0.314	0.224	0.202
				M1-2REP	M2-2REP		M1-2REP	M2-2REP
	S1	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.272	0.276		0.295	0.268
	S2	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.239	0.224		0.255	0.211
	S3	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.263	0.235		0.279	0.247
	S4	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.229	0.207		0.214	0.214
	S5	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.245	0.214		0.257	0.231
	S6	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.273	0.226		0.261	0.229
	S7	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.279	0.267		0.257	0.243
	S8	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.230	0.202		0.229	0.208
	S9	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.283	0.239		0.272	0.245
	S10	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.224	0.224		0.246	0.228
				M1b-3REP	M2b-3REP		M1b-3REP	M2b-3REP
	S1	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.291	0.271		0.282	0.264
	S2	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.246	0.227		0.234	0.223
	S3	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.277	0.260		0.275	0.257
	S4	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.233	0.220		0.234	0.211
	S5	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.237	0.241		0.240	0.238
	S6	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.273	0.219		0.258	0.237
	S7	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.265	0.232		0.271	0.248
	S8	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.232	0.194		0.234	0.197
	S9	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.278	0.245		0.277	0.258
	S10	EPA 1996 METHOD 7010 (GAAAs)		0.229	0.204		0.237	0.209



Daniel Neciosup Gonzales  
Jefatura de laboratorios

V.ºB.º Dr. Eduardo Espinoza Farfán

Director

